

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. Бекетова

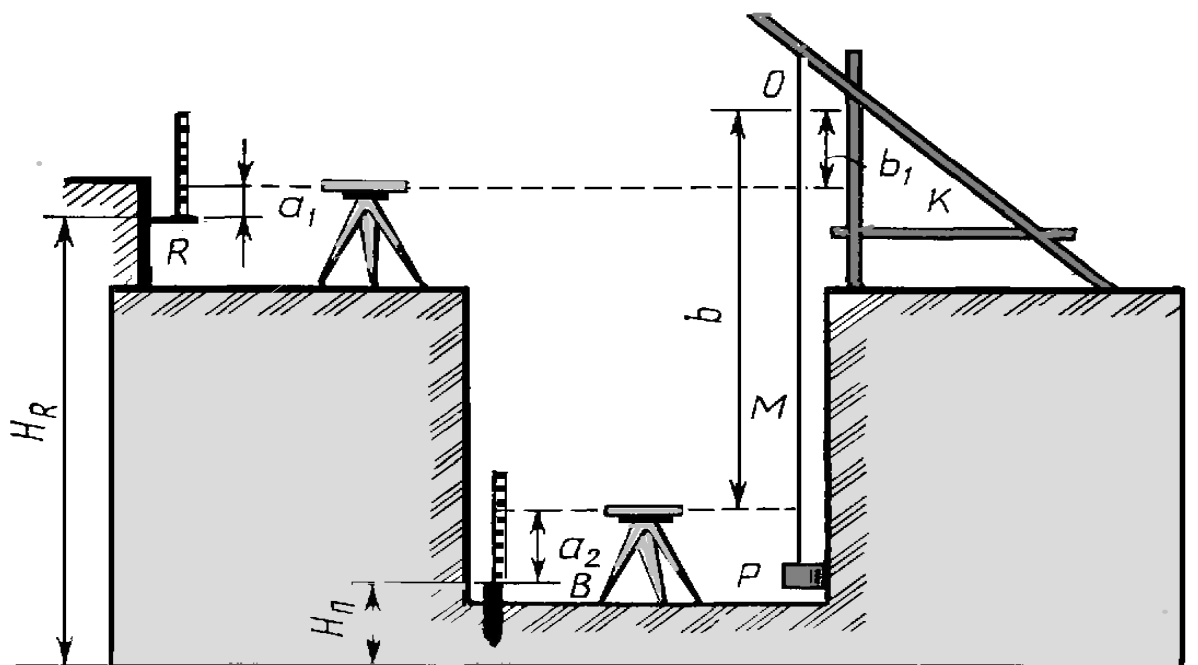
В. О. Пеньков

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

з курсу

“ІНЖЕНЕРНА ГЕОДЕЗІЯ”

(для студентів 1 курсу денної та заочної форми навчання напряму підготовки 6.060101 "Будівництво", напряму підготовки 6.060103 "Гідротехніка (водні ресурси)", для студентів 2 курсу денної і 3 курсу заочної форм навчання за напрямом підготовки 6.080101 «Геодезія, картографія та землеустрій»)



Харків  
ХНУМГ  
2013

**Пеньков В. О.** Конспект лекцій з курсу «Інженерна геодезія» (для студентів 1 курсу денної і заочної форм навчання напряму підготовки 6.060101 "Будівництво", напряму підготовки 6.060103 "Гідротехніка (водні ресурси)" та для студентів 2 курсу денної і 3 курсу заочної форм навчання за напрямом підготовки 6.080101 «Геодезія, картографія та землеустрій») / В. О. Пеньков; Харк. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Х.: ХНУМГ, 2013. – 86 с.

Автор доц. В. О. Пеньков

Рецензент: проф., к. т. н. В. Д. Шипулін

Рекомендовано кафедрою геоінформаційних систем та геодезії  
протокол № 5 від 21 грудня 2011р.

## ЗМІСТ

1. ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЕКТНО-ВИШУКУВАЛЬНИХ РОБІТ .....	5
1.1. Загальні відомості з інженерної геодезії .....	5
1.1.1. Предмет інженерної геодезії, її задачі та зв'язок з іншими дисциплінами.....	5
1.1.2. Завдання геодезичного забезпечення будівельної галузі. Види інженерно-геодезичних робіт .....	6
1.2. Основні принципи інженерно-геодезичного забезпечення проектування споруд .....	7
1.2.1. Види і завдання інженерних вишукувань.....	7
1.2.2. Технологія вишукування будівельних майданчиків .....	9
1.2.3. Технологія вишукування трас лінійних споруд. Елементи плану і профілю лінійних споруд .....	10
1.3. Топографо-геодезичне забезпечення трасування лінійних споруд.....	13
1.3.1. Топографо-геодезичне забезпечення камерального трасування лінійних споруд.....	13
1.3.2. Топографо-геодезичні роботи при польовому трасуванні лінійних споруд. ....	15
1.4. Топографо-геодезичне забезпечення проектування автомобільних доріг....	19
1.4.1. Топографо-геодезичне забезпечення камерального проектування автомобільних доріг.....	19
1.5. Способи розмічування осей криволінійних споруд.....	26
1.5.1. Спосіб прямокутних координат.....	26
1.5.2. Спосіб продовжених хорд.....	27
1.5.3. Спосіб вільної станції.....	27
2. ІНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БУДІВНИЦТВА.....	28
2.1. Організація інженерно-геодезичних розмічувальних робіт.....	28
2.1.1. Інженерно-геодезичне проектування.....	28
2.1.2. Класифікація осей будинків і споруд в плані.....	29
2.1.3. Проект виконання геодезичних робіт (ПВГР).....	31
2.1.4. Будівельна сітка .....	33
2.1.5. Система допусків у будівництві.....	34
2.2. Організація інженерно-геодезичних розмічувальних робіт.....	37
2.2.1. Геодезична підготовка проекту будинків і споруд .....	37
2.2.2. Норми точності виконання геодезичних розмічувальних робіт у період будівництва .....	38
2.3. Технологія геодезичних розмічувальних робіт.....	39
2.3.1. Завдання та зміст геодезичних розмічувальних робіт.....	39
2.4. Елементи геодезичних розмічувальних робіт.....	40
2.4.1. Побудова горизонтального проектного кута.....	40

2.4.2.	Побудова лінії заданої довжини.....	42
2.4.3.	Побудова точок з проектною висотою.....	43
2.5.	Методи геодезичних розмічувальних робіт в плані.....	44
2.5.1.	Пряма і зворотна геодезичні задачі.....	44
2.5.2.	Метод полярних координат.....	46
2.5.3.	Метод прямокутних координат.....	47
2.5.4.	Метод кутових засічок.....	47
2.5.5.	Метод лінійних засічок.....	48
2.5.6.	Метод зворотної лінійної засічки.....	49
2.5.7.	Розмічування точки зворотною кутковою засічкою.....	50
2.5.8.	Розмічування точки у створі.....	51
2.6.	Методи розмічування споруд по висоті.....	52
2.6.1.	Побудова на місцевості лінії із заданим ухилом.....	52
2.7.	Геодезичні роботи при зведенні будинків і споруд.....	54
2.7.1.	Завдання геодезичної служби .....	54
2.7.2.	Побудова обноси і винесення на обноску осей.....	55
2.7.3.	Геодезичне забезпечення земляних робіт.....	57
2.7.4.	Геодезичні роботи при зведенні фундаментів.....	61
2.7.5.	Геодезична підготовка монтажних горизонтів.....	64
2.8.	Геодезичні роботи при монтажі елементів будівельних конструкцій.....	70
2.8.1.	Встановлення і вивірення елементів конструкцій у плані.....	70
2.8.2.	Встановлення і вивірення елементів конструкцій за вертикаллю.....	71
2.9.	Геодезичні роботи при плануванні та забудові міських територій.....	72
2.9.1.	Принципи планування міських територій. Складання проекту і розмічування червоних ліній .....	72
2.9.2.	Елементи вертикального планування місцевості.....	73
3.	ВИКОНАВЧІ ЗНІМАННЯ.....	74
4.	СПОСТЕРЕЖЕННЯ ЗА ДЕФОРМАЦІЯМИ ІНЖЕНЕРНИХ СПОРУД.....	79
4.1.	Види та зміст геодезичних спостережень за деформаціями споруд....	79
4.2.	Вимірювання осідань інженерних споруд .....	79
4.3.	Вимірювання горизонтальних зміщень конструкцій споруд.....	80
4.4.	Спостереження за нахилом, зсувами інженерних споруд та тріщинами.....	81
5.	ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ І ОХОРОНА ПРАЦІ ПРИ ВИКОНАННІ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ .....	83
	СПИСОК ДЖЕРЕЛ .....	86

# 1. ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЕКТНО-ВИШУКУВАЛЬНИХ РОБІТ

## 1.1. Загальні відомості з інженерної геодезії

### *1.1.1. Предмет і завдання інженерної геодезії та зв'язок з іншими дисциплінами*

Інженерна (прикладна) геодезія - один з основних напрямів сучасної геодезії. Вона вивчає методи геодезичних робіт, виконуваних при вишукуванні, проектуванні, будівництві і експлуатації різних будівель і споруд, а також раціональному використанні і охороні природних ресурсів.

У сучасній інженерній геодезії знаходять застосування новітні вимірювальні засоби, використовують останні досягнення у фізиці, механіці, електроніці, оптиці, обчислювальній техніці.

Основними задачами інженерної геодезії є:

- *топографо-геодезичні вишукування*, в ході яких виконується створення на об'єкті робіт геодезичної мережі, топографічне знімання, геодезична прив'язка точок геологічної і геофізичної розвідки;

- *інженерно-геодезичне проектування*, що включає розробку генеральних планів споруд та їх цифрових моделей; геодезичну підготовку проекту для винесення його в натуру, розрахунки по горизонтальному і вертикальному плануванню, визначенню площ, об'ємів земляних робіт та ін.;

- *геодезичні розмічувальні роботи*, що включають створення на об'єкті геодезичної розмічувальної мережі і подальше винесення в натуру головних осей споруди і її детальне розмічування;

- *геодезична вивірка конструкцій і технологічного устаткування* при установці їх в проектне положення;

- *спостереження за деформаціями споруд*, для визначення осідання основ і фундаментів, планових зсувів і кренів споруд.

Геодезичне забезпечення будівництва і експлуатації сучасних інженерних споруд пов'язане з необхідністю виконання точних вимірювань, для визначення координат і висот геодезичних пунктів, складання топографічних карт і планів, подовжніх профілів трас; спостереження за деформаціями споруд.

Для забезпечення необхідної точності, вимірювання виконуються високоточними геодезичними приладами: теодолітами, нівелірами, електронними віддалемірами. Електронними тахеометрами виконують кутові і лінійні вимірювання з одночасним рішенням різних інженерно-геодезичних задач.

При визначенні просторового положення об'єктів використовується апаратура, що працює за сигналами супутникових навігаційних систем. При виконанні топографічних знімаль місцевості та знімаль інженерного призначення знаходять застосування лазерні сканери. Обробка результатів геодезичних вимірювань виконується на сучасних комп'ютерах з

використанням розвиненого програмного забезпечення. До числа таких програмних продуктів відносяться геоінформаційні системи, що служать збору, обробці, систематизації, відображенню і аналізу картографічної інформації.

Склад геодезичних робіт, їх точність, використовувані методи і прилади розрізняються залежно від особливостей об'єкту.

В процесі будівництва і у міру завершення окремих його етапів виконуються виконавчі знімання, метою яких є встановлення точності винесення проекту споруди в натуру, виявлення відхилень, допущених в процесі будівництва, а також визначення фактичних координат і висотних відміток побудованих об'єктів, розмірів його окремих частин.

Геодезичні роботи - вимірювання і знімання є складовою частиною організаційно-технологічного процесу зведення будівель і споруд. Їх виконують на всіх етапах будівельного виробництва - в процесі вишукувань, проектування, зведення і експлуатації споруд.

Кожна зведена споруда має відповідати своєму призначенню, бути довговічною і красивою. Повинні витримуватися встановлені терміни зведення споруд, при мінімумі витрат праці, часу і грошових коштів. Дотриманню цих умов в значній мірі сприяють правильно організовані і ретельно виконані топографо-геодезичні роботи. Усі інженери будівельники, як проектувальники так і виконавці робіт, повинні чітко знати призначення і зміст геодезичних робіт на всіх етапах будівельного виробництва, уміти користуватися топографічними матеріалами, геодезичними приладами і самостійно виконувати окремі види робіт. Сучасний рівень капітального будівництва характеризується новими формами організації праці, суцільною комп'ютеризацією проектування і високим рівнем механізації будівельно-монтажних робіт, постійним зростанням вимог до якості.

Системний підхід до забезпечення якості у будівельній галузі вимагає постійного подальшого вдосконалення геодезичної підготовки інженерів-будівників. Інженер будівельник повинен швидко орієнтуватися в складних умовах високої технічної оснащеності сучасного будівельного виробництва, та уміло вибирати оптимальні варіанти для вирішення поставлених перед ним задач. Тому в програмі курсу "Інженерна геодезія" для студентів будівельних спеціальностей важливе значення надається питанням організації геодезичного забезпечення будівництва.

### ***1.1.2. Завдання геодезичного забезпечення будівельної галузі.***

#### ***Види інженерно-геодезичних робіт***

Від виникнення потреби у зведенні будівлі до завершення її будівництва виконуються різноманітні проектувальні і будівельні роботи.

Усі споруди за призначенням, розмірами і конфігурацією поділяють на:

- локальні (площадні) споруди, будівлі і комплекси;
- лінійні споруди, у яких протяжність значно перевищує ширину.

Узагальнену схему послідовності робіт по створенню споруди можна

подати так:

1. Визначення економічної доцільності будівництва споруди в даному місці
2. Проектування споруди
3. Інженерна підготовка території
4. Будівельні роботи

Конкретні схеми проектування і будівництва локальних та лінійних споруд дуже відрізняються, і тому в подальшому при вивченні організації геодезичного забезпечення розглядаються окремо у відповідних процесах.

*Геодезичні роботи, як технологічний процес будівельного виробництва*, на всіх етапах створення об'єкта будівництва мають свої задачі і свій кінцевий продукт. Тому в курсі інженерної геодезії розглядаються:

- топографо-геодезичне забезпечення інженерних вишукувань;
- топографо-геодезичне забезпечення проектування споруд;
- інженерно-геодезичне забезпечення перенесення проектів на місцевість;
- геодезичні методи детального розмічування споруд на різних етапах будівництва;
- геодезичні методи вивірки положення конструкцій в плані, по висоті, по вертикалі;
- виконавчі знімання зведених конструкцій і будов;
- геодезичні методи дослідження деформацій будівель і споруд.

## **1.2. Основні принципи інженерно-геодезичного проектування споруд**

### **1.2.1. Види і завдання інженерних вишукувань**

Розробці проекту будівництва будов і споруд передують великий комплекс польових, камеральних і лабораторних робіт, під час яких вивчаються умови будівництва і експлуатації майбутньої інженерної споруди - *вишукування*.

Розрізняють вишукування економічні і технічні.

Економічні вишукування звичайно передують технічним і мають за мету визначення економічної доцільності будівництва споруди в даному місці.

В ході цих вишукувань збирають і аналізують матеріали, що характеризують умови району передбачуваного будівництва, забезпечують нормальне функціонування проектного об'єкту. Перелік матеріалів залежить від типу споруди, що зводиться, і визначається спеціальними інструкціями.

На основі *економічних* вишукувань, враховуючи перспективні державні плани розвитку окремих районів і галузей народного господарства, зацікавлена організація (замовник) видає *завдання на проектування*.

У завданні визначають:

- район і місце передбачуваного будівництва; основні параметри споруди;
- джерела постачання його сировиною, паливом, електроенергією, водою; транспортні зв'язки і ін.

Одержавши таке завдання, спеціалізована організація (проектний

інститут) проводить додаткові економічні і технічні вишукування і на основі одержаних матеріалів розробляє по етапах (стадіям) *проект споруди*.

Широке поширення має двохстадійна система проектування:

- на *першій стадії* складають *технічний проект*, створюється *попередній генеральний план* об'єкту.
- на *другій* розробляють *робочі креслення*, призначені для безпосереднього здійснення будівельних і монтажних робіт, остаточно розробляють і погоджують *генеральний план*. Також створюють проекти виконання будівельних робіт (ПВР) і виконання геодезичних робіт (ПВГР).

Технічний проект інженерної споруди містить ряд документів, якими керуються при організації і проведенні будівельних робіт.

Проекти транспортних, промислових і сільськогосподарських об'єктів складаються з трьох частин: економічної, технологічної і будівельної;

Проекти цивільних споруд - з двох частин: економічної і будівельної.

У *економічній частині* проекту дається обґрунтування вибраного варіанту споруди, визначається його проектна потужність і кошторисна вартість будівництва.

У *технологічній частині* описується технологія виробництва, вид призначеного до використання устаткування, ступінь механізації і автоматизації виробничого процесу.

До *будівельної частини* входить генеральний план споруди - великомасштабний топографічний план, на якому показують розміщення майбутніх споруд і комунікацій, план вертикального планування, проектні елементи трас лінійних споруд і проект організації будівництва (ПОБ).

Одночасно розробляється будівельний або суміщений *генеральний план*, (*будгенплан*) на якому окрім постійних споруд зображають тимчасові будівлі і споруди (необхідні на період будівельних робіт), розміщення механізмів, будівельних матеріалів і ін.

Одностадійне проектування в ході якого вирішують питання про основні технічні параметри споруди, про прив'язку до конкретного місця і т.д. застосовують на нескладних об'єктах, де можна використовувати типові проекти.

Проектні матеріали створюють на основі заздалегідь проведених *комплексних інженерних (технічних) вишукувань*.

Інженерні вишукування поділяють на інженерно-геодезичні, інженерно-геологічні, гідрологічні, кліматичні і ін. Вид технічних вишукувань і їх зміст залежать від стадії проектування.

Найважливіша роль відводиться *інженерно-геодезичним вишукуванням*. Інженерно-геодезичні вишукування - це перший етап геодезичного забезпечення будівництва. Їх виконують за наперед складеною *програмою* на всіх стадіях проектування для отримання даних про топографічні умови району будівництва.



До складу цих вишукувань входять збір і аналіз матеріалів раніше виконаних геодезичних і топографічних робіт на ділянці будівництва, створення нових або згущування існуючих геодезичних мереж, проведення великомасштабних топографічних зйомок (або їх оновлення), роботи з трасування і роботи по геодезичному забезпеченню інших видів вишукувань - інженерно-геологічних, гідрологічних та гідрогеологічних.

У програмі вишукувань дається обґрунтування необхідних геодезичних і знімальних робіт. У ній наводиться проект створення геодезичної основи з розрахунком її точності і описом методики вимірювань і черговості робіт.

Склад і методика інженерно-геодезичних вишукувань обумовлюють стадії складання проекту.

### ***1.2.2. Технологія вишукування майданчиків***

*Горизонтальні знімання* майданчиків в основному тахеометричні виконують традиційними засобами, або із застосуванням електронних тахеометрів. Для розробки генеральних планів міст використовують аерофотознімання. За результатами знімань складають великомасштабні плани території.

*Вертикальне знімання майданчиків* один з видів вертикальних знімань, на відкритій або напівзакритій місцевості із спокійним або слабо вираженим рельєфом. За результатами знімання складають великомасштабні плани земної поверхні із зображенням рельєфу горизонталями через 0,25, 0,5 м. Вертикальне знімання майданчиків застосовують при вишукуваннях для будівництва населених пунктів, промислових споруд, аеродромів і т.д. Їх виконують нівелюванням полярним способом, нівелюванням по паралельних лініях, по квадратах способом полігонів.

Висоти точок при вертикальному зніманні майданчиків визначають *геометричним нівелюванням*, що дає можливість підвищити точність зйомки рівнинного рельєфу.

*Нівелювання по квадратах* застосовують на відкритій місцевості із слабо вираженим рельєфом. Необхідні для зйомки рельєфу і ситуації точки А1, Е6 розташовують рівномірно за всією площею у вершинах квадратів (рис. 1.1 ). Довжина сторін квадратів може коливатись від 10 до 200 м залежно від рельєфу місцевості, висоти перетину рельєфу, масштабу і призначення знімання. Сітку квадратів будують теодолітом і рулеткою за принципом від загального до часткового.

*Спочатку розмічують основні квадрати* із сторонами 100 або 200 м, а потім внутрішні зі сторонами 10 або 20 м. Кожну вершину закріплюють кілком і позначають цифрами (уздовж напрямку, прийнятого за початковий), а в перпендикулярному до нього напрямі - літерами. Окрім вершин квадратів усередині квадратів і на їх сторонах закріплюють плюсові точки - характерні точки рельєфу і точки перегинів схилів.

*Перед початком нівелювання* викреслюють схему розмічування сітки

квадратів і плюсових точок, на якій намічають послідовність обходу квадратів, указують станції і відліки по рейках, одержувані в процесі нівелювання.

При розмірах сторін 100-200 м нівелюють кожен квадрат, при меншому розмірі сторін з однієї станції - декілька квадратів.

При нівелюванні квадратів контроль на станції виконується по зв'язуючих точках, якими є вершини двох суміжних квадратів, наприклад  $A/2$ ,  $B/2$  (рис.). Різниця відліків на ці вершини з однієї станції повинна бути рівна різниці відліків на ці ж вершини з іншої станції:

$$b_1 - a_1 = b_{11} - a_{11}, \quad \text{або} \quad a_1 + b_1 = a_{11} + b_{11},$$

тобто суми навхрест лежачих відліків на зв'язуючі точки повинні бути рівні. (допустимі розбіжності цих сум 5 мм).

Після закінчення нівелювання обчислюють перевищення по сторонах квадратів, пов'язують їх по зовнішньому контуру (периметру) основного прямокутника, а також по створах, що спираються на зовнішній контур основного прямокутника.

	А	Б	В	Г	Д	Е
6	V	VI	VII	VIII	IX	
5	IV		XIX		X	
4	III		XVIII		XI	
3	II		XVII		XII	
2	$a_{11}$ $b_{11}$ $a_1$ $b_1$ I	X	XV	XIV	XIII	
1						

При нівелюванні на станції групи квадратів кожні дві суміжні станції повинні мати загальні зв'язуючі точки. Висоти вершин заповнюючих квадратів обчислюють через горизонт приладу. За результатами нівелювання складають топографічний план ділянки.

Рис. 1.1 – Сітка для нівелювання по квадратах

### 1.2.3. Технологія геодезичного забезпечення проектування лінійних споруд

Загальні відомості про трасу і трасування

#### Елементи траси.

Трасою називається вісь проектованої лінійної споруди. Вона наноситься на топографічну карту чи план, може бути задана координатами основних точок в цифровій моделі місцевості, або позначена на місцевості.

Основними елементами траси є:

- план - її проекція на горизонтальну площину;

- *подовжній профіль* - вертикальний розріз по проектованій лінії, проекція на вертикальну площину.

В загальному випадку траса є складною *просторовою лінією*.

У *плані* вона складається з прямих ділянок різного напрямку, що сполучаються між собою горизонтальними кривими постійного і змінного радіусу кривизни.

У *подовжньому профілі* траса складається з похилих ліній, що з'єднуються між собою вертикальними кривими.

У сучасних технологіях проектування траса може суцільно складатися із кривих змінної кривизни.

На трасах електропередач, каналізації горизонтальних і вертикальних кривих не проектують, і траса є просторовою ламаною лінією.

Оскільки ухили трас зазвичай невеликі, то для наочності їх зображення вертикальний масштаб подовжнього профілю роблять в 10 разів крупніше за горизонтальний (наприклад, горизонтальний масштаб 1 : 2 000, вертикальний – 1 : 200).

Для характеристики місцевості і проектованої лінійної споруди в напрямках, перпендикулярних до траси, складають поперечні профілі в однаковому горизонтальному і вертикальному масштабах (1 : 100 і ін.).

#### Параметри трасування.

*Трасуванням* називається комплекс інженерно-вишукувальних робіт з вибору траси, яка відповідає всім вимогам технічних умов і вимагає найменших витрат на її зведення і експлуатацію. Траса лінійної споруди повинна задовольняти певним вимогам, які встановлюються технічними умовами на її проектування. Задаються найбільші та найменші допустимі подовжні ухили, мінімально допустимі радіуси горизонтальних і вертикальних кривих, габарити наближень і ін.

*Оптимальну* (не найкращу) трасу, яка на прийнятному рівні одночасно задовольняє всім вимогам знаходять шляхом техніко-економічного порівняння конкуруючих варіантів.

Трасування називають *камеральним*, якщо положення траси визначається по моделі місцевості (на паперових чи електронних топографічних планах і картах, аерофотознімках, стереомоделі).

При *польовому* трасуванні її положення визначається безпосередньо на місцевості.

При трасуванні розрізняють :

- *планові параметри*: кути повороту, радіуси горизонтальних кривих, довжини перехідних кривих, прямі вставки (рис.1.2);
- *висотні (профільні) параметри*: подовжні ухили, довжини елементів в профілі - крок проектування, радіуси вертикальних кривих.

Для деяких споруд необхідно додержуватись більш строгих вимог до визначення різних параметрів. Так, при будівництві доріг, самотічних трубопроводів для транспортування рідин, каналів) важливо витримати висотні

параметри (подовжні ухили), що може викликати збільшення довжини (розвитку) траси. Траси напірних трубопроводів, ліній електропередач і зв'язку в сприятливих умовах вибирають найкоротшими, бо для них ухили місцевості мало впливають на проектне рішення.

Досить складними для трасування є траси доріг, особливо залізних, що мають ряд обмежень на припустимі значення планових, і профільних параметрів і вимагають обов'язкового дотримання.

Незалежно від характеру лінійних споруд і параметрів трасування, всі траси повинні вписуватися в ландшафт місцевості. Траси по можливості розташовують на землях з найменшою цінністю для господарчої діяльності.

*Положення* проектної лінії визначається необхідністю проходження через *контрольні точки*, в основному по характерних точках місцевості уздовж наміченого напрямку.

У плані прагнуть мати пряму трасу, ведучи трасування по заданому напрямку. Перешкоди, у вигляді водотоків, боліт, великих ярів, а також населені пункти, цінні сільськогосподарські угіддя примушують відхилювати трасу від «повітряної лінії» в різні боки. Утворення кута повороту також призводить до подовження траси.

*Загальна технологія вишукувань лінійних споруд*

В процесі вишукувань трас розв'язуються дві основні задачі:

1) вибір оптимального варіанту траси, розташованої у сприятливих умовах, яка потребує мінімальних витрат на будівництво і експлуатацію.

2) збирання необхідних топографо-геодезичних, інженерно-геологічних, гідрологічних і інших матеріалів і даних для складання проекту траси і всіх споруд на ній.

Відповідно до прийнятих стадій проектування для *нових* магістральних трас, розташованих в *складних умовах* місцевості, розрізняють (рис. 1.3):

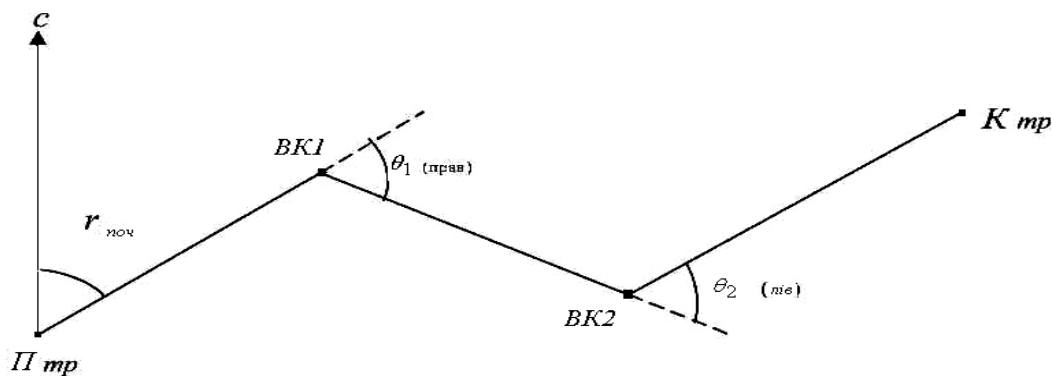


Рис. 1.2 – Елементи траси в плані

а) *допроектні* рекогносцирувальні вишукування для техніко - економічного обґрунтування (ТЕО) траси;

б) *проектні* технічні вишукування для першої стадії проектування - розробки *технічного проекту* траси;

в) *передбудівельні* вишукування для другої стадії проектування -

складання *робочих креслень*.

Для нових трас у порівняно нескладних умовах, проектні вишукування **Основне завдання інженерно-геодезичних вишукувань** для проектування споруд лінійного типу незалежно від їх призначення зводиться до визначення на місцевості осі споруди (траси) у плані і по висоті. можуть вестися для однієї стадії проектування - техно-робочого проекту.

Спочатку на карті малого масштабу виконують *камеральне трасування дороги*, тобто намічають у першому наближенні найбільш доцільне її направлення. Потім можливі варіанти траси вивчають на планах великих масштабів (1:5000 - 1:10000) і обирають оптимальний варіант.

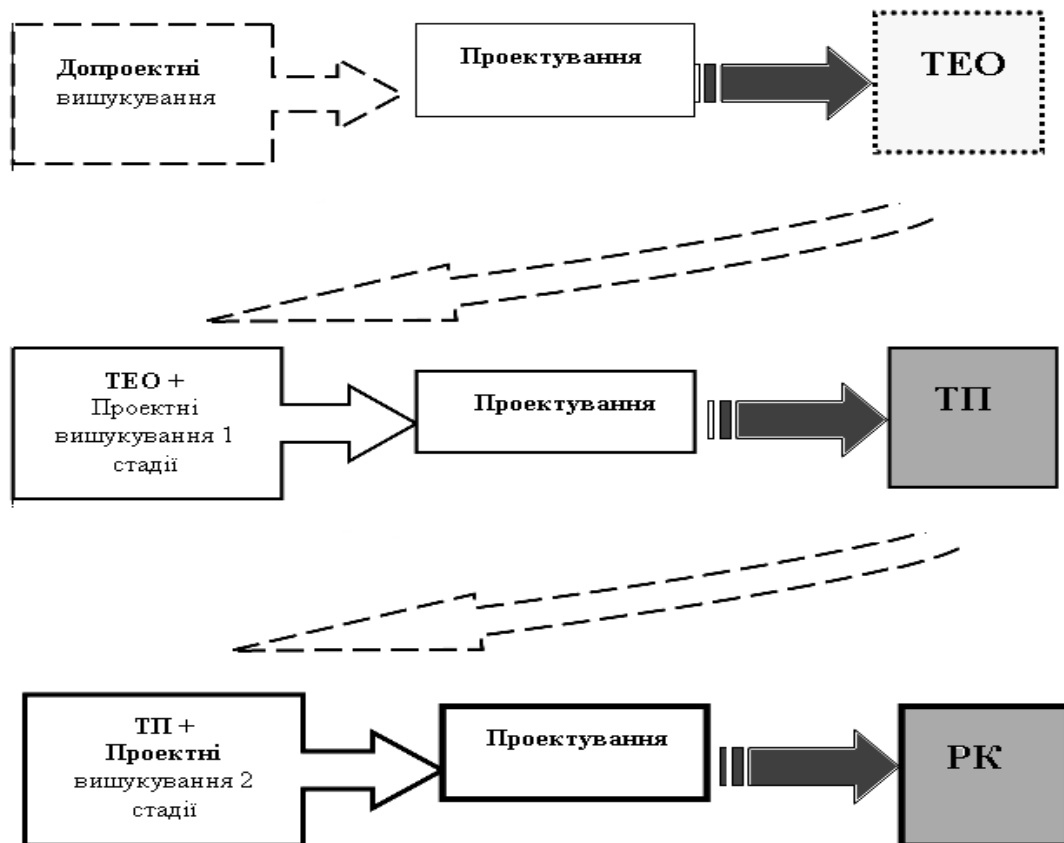


Рис . 1.3 – Інженерні вишукування на різних стадіях проектування

### 1.3. Топографо-геодезичне забезпечення трасування лінійних споруд

#### 1.3.1. Топографо-геодезичне забезпечення камерального трасування лінійних споруд

##### *Допроєктні рекогносцирувальні вишукування*

Рекогносцирувальні вишукування мають на меті зібрати матеріал для вибору принципового напрямку траси, обґрунтування економічної доцільності і технічної можливості її будівництва, встановлення її технічних параметрів, попереднього визначення об'ємів і вартості робіт, термінів будівництва.

Рекогносцирувальні вишукування прагнуть проводити головним чином камеральним шляхом, вивчаючи на район вишукувань наявні топографічні карти і матеріали аерофотознімання, інженерно-геологічні зйомки, дані вишукувань колишніх років. Лише в складних районах може бути потрібно проведення повітряного і польового обстеження варіантів напрямів, оглядове аерофотознімання.

#### *Визначення повітряної лінії.*

Камеральні вишукування трас великої протяжності починають з вивчення оглядово-топографічних і дрібномасштабних топографічних карт, на яких відзначають опорні пункти траси: початковий, кінцевий, задані проміжні пункти. Прямі, які сполучають на карті опорні пункти, створюють *повітряну лінію*, до якої, як найкоротшої, необхідно прагнути наблизити проектовану трасу.

Дотримуючись повітряної лінії, намічають в першому наближенні можливі напрями траси між опорними пунктами, звертаючи головну увагу на вибір місць переходів через великі природні перешкоди. Надалі намічені напрями переносять на топографічні карти крупнішого масштабу.

#### *Вибір варіантів напрямів*

На топографічній карті масштабу 1:50 000-1:25 000 з урахуванням докладного зображення ситуації і рельєфу уточнюють на кожному напрямі в першу чергу найважчі ділянки траси (фіксовані точки): місця переходів через великі водотоки і озера, гірські перевали, точки примикання до опорних пунктів, місця перетинів існуючих магістралей і ін.

Одночасно по наявних геологічних і ґрунтових картах вивчають інженерно-геологічні і гідрогеологічні умови уздовж намічених варіантів і вносять корективи з метою обходу трасою боліт, обвалів, карстових районів і інших несприятливих в геологічному відношенні місць.

По кожному з варіантів складають по карті подовжній профіль, підраховують довжини окремих ділянок, кількість переходів через перешкоди і перетинів, коефіцієнт розвитку як відношення дійсної довжини траси до відстані по повітряній лінії, зразкові об'єми робіт і шляхом техніко-економічного порівняння вибирають з них найвигідніші для подальших обстежень.

При рекогносцирувальних вишукуваннях складають план і подовжній профіль траси в масштабі 1: 25 000, в складних умовах – 1 : 10 000; плани майданчиків і ділянок великі переходів; схематичну інженерно-геологічну карту.

За результатами цих вишукувань вибирають *принциповий* напрям траси і в *першому* наближенні дають основні проектні рішення, підраховують об'єми і вартість робіт (з точністю до 20%), розробляють технічне завдання на проектування траси.

#### *Проектні технічні вишукування траси*

По заданому в *технічному завданні* напрямку траси виконують детальні технічні вишукування для першої стадії проектування, в задачу якої входить:

1) вибір оптимальної траси шляхом техніко-економічного порівняння

варіантів;

2) збір достовірних матеріалів для розробки технічного проекту траси і всіх споруд на ній;

3) складання кошторису будівництва.

*Вибір оптимальної траси.*

Дуже ефективним методом вибору оптимальної траси при варіантному проектуванні є використання цифрової моделі місцевості, створюваної по матеріалах аерофотознімань на точних стереоприладах. По ній на комп'ютері виконується проектування траси і підрахунок об'ємів робіт

Проект оптимальної траси наносять на вишукувальні плани або фотоплани і детально обстежують на місцевості.

На основі матеріалів *детальних* вишукувань складають *технічний проект* траси і кошторис витрат (з точністю 3-5%).

### ***1.3.2. Топографо-геодезичні роботи при польовому трасуванні лінійних споруд***

*При польових вишукуваннях споруд лінійного типу* (шляхів сполучення, ліній зв'язку, підземних комунікацій) у програму геодезичних робіт включають:

- складання попереднього проекту траси по карті або плану;
- польове обстеження траси і узгодження проекту із землекористувачами;
- укладання вибраної траси на місцевості;
- топографічне знімання смуги траси в масштабах 1 : 2000-1 : 5000;
- геометричне нівелювання закріплених точок траси.

У процесі польового трасування затверджений варіант переносять на місцевість по координатах вершин кутів повороту або за даними їх *прив'язки до місцевих предметів*.

По трасі прокладають та розмічують *пикетаж*.

Для цього від її початкового пункту, який називають нульовим пікетом, послідовно відкладають по 100 м. Кінці кожного з них закріплюють дерев'яними кілками - пікетами, скорочено позначають ПК0, ПК1, ПК2 і т.д. При такому позначенні номер пікету вказує відстань у сотнях метрів від початку траси.

Крім того, кілками закріплюють переломи схилів, перетини трасою рік, доріг, підземних і наземних комунікацій. Положення кожної з таких точок, які називають плюсовими, визначають відстанню до ближнього пікету.

Якщо траса проходить по косогуру з поперечним ухилом більше 0,200 на місцевості розбивають перпендикулярні до траси лінії - поперечники, довжина яких залежать від ширини дороги. При розмічуванні поперечника кілками закріплюють його кінці, точки перетинів з трасою і перелами схилів.

Водночас з розбивкою пикетажу і кривих проводять знімання ситуації в полосі шириною по 200 м з кожного боку траси.

Результати зйомки заносять у пикетажний журнал (рис. 1.4). У ньому

траса зображується умовно у спрямленому вигляді, а кути повороту - стрілками. Пікетажний журнал ведуть у великому масштабі, наприклад 1:2000. При складній ситуації і рельєфі з великою кількістю плюсових точок застосовують великий масштаб; для місцевості з одноманітною ситуацією і слабо вираженим рельєфом масштаб пікетажного журналу зменшують.

Нівелювання траси По розмічених пікетах при польових вишукуваннях виконують технічне нівелювання траси в прямому і зворотному напрямках.

У прямому ході нівелюють пікети, плюсові точки, головні точки кривої і поперечники; в зворотному – лише пікети.

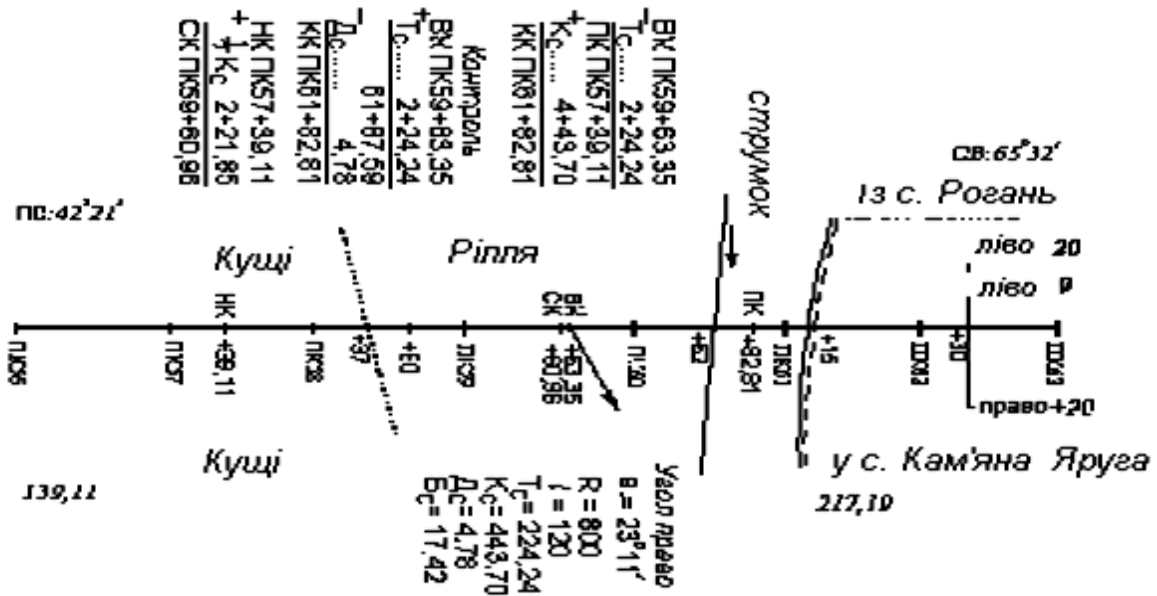


Рис. 1.4 – Пікетажний журнал

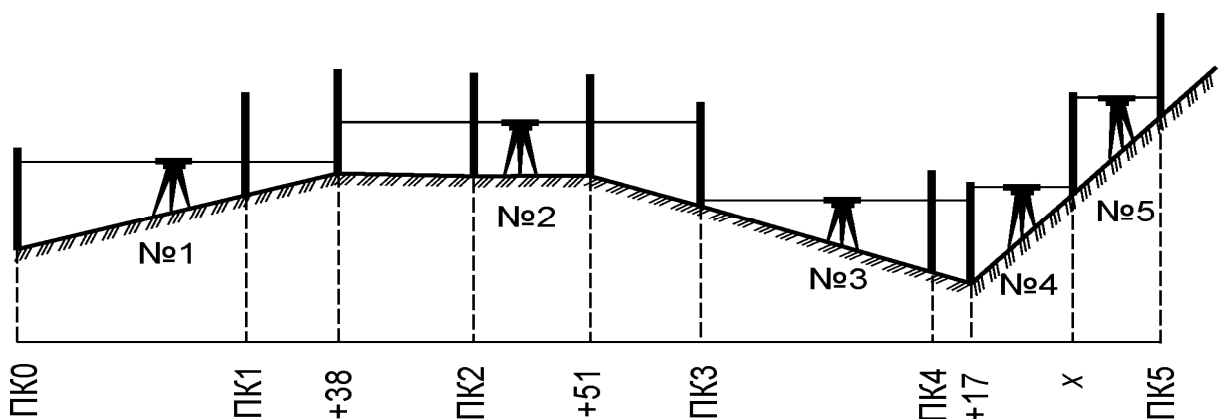


Рис. 1.5 – Схема нівелювання траси



При нівелюванні траси нівелір установлюють між пікетами і беруть відліки по чорним і червоним сторонам рейок на пікетах. На плюсових точках, осі, поперечниках, а також головних точках кривих відліки беруть лише по чорній стороні рейки (рис. 1.5).

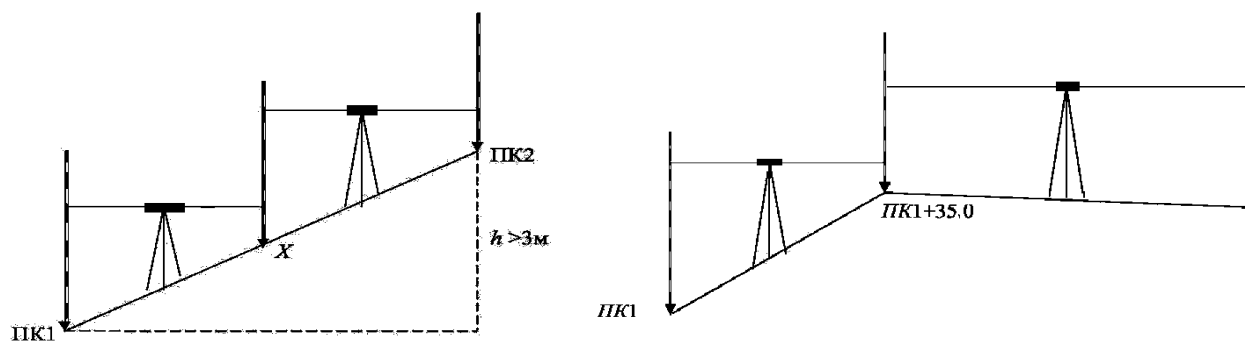


Рис. 1.6 – Особливі точки при нівелюванні а - іксова, б - точка переламу профілю

При нівелюванні крутих схилів часто не можливо зробити відліки на рейках, які встановлені на пікетах, бо візирний промінь проходить або вище, або нижче рейки. В таких випадках для зв'язку двох пікетів використовують плюсові точки або вибирають одну чи декілька допоміжних точок, які називають *іксовими* (рис. 1.6).

За їх допомогою передають висоти від заднього пікету на передній.

Необхідною умовою польового трасування є *прив'язка траси* до реперів державного нівелювання.

Допустима нев'язка в перевищеннях, мм, обчислюється за формулою  $f_h = 50\sqrt{L}$ , де  $L$  - довжина траси, км.

Результатами вишукувань є топографічний план, подовжній і поперечний профілі земної поверхні по трасі.

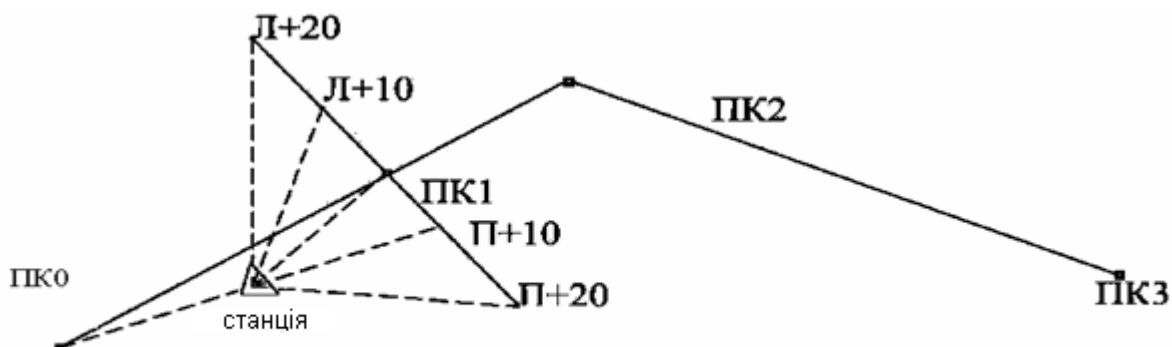


Рис. 1.7 – Схема поперечного нівелювання

Місце роботи с. РоганьДата 25.10.12Виконавець Петриненко С.АПрилад Н-3 № 2435

№ ст	№№ пікетів	Відліки по рейках			Перевищення			Горизонт приладу	Абсолютні висоти
		задній	проміжний	передній	- +	$h'$ $h''$	середнє + -		
	Rp 8	0633			-	1710	+2		200.802
		0784					- 1709		
1							- 1707		
				2343	-	1708			
	ПК 0			2492					199.095
	ПК0	2729			+	1893	+2		199.095
	+29	2945	1930				+ 1892	201.824	199.894
2	+62		2505				+ 1894		199.319
				0836	+	1891			
	ПК1			1054					200.989
	ПК1	2554			+	0811	+2		200.989
		2665					+ 0810		
3	+61		1318				+ 0812	203.543	202.225
				1743	+	0810			
	ПК2			1855					201.801
	ПК2	2942			+	1640	+2		201.801
		2723					+ 1639		
	+58		0804				+ 1641	204.743	203.939
4				1302	+	1638			
	ПК3			1085					203.442
	ПК3	1744			+	0937	+2		203.442
		1859					+ 0939		
5	+74		2702				+ 0941	205.186	202.484
				0807	+	0941			
	ПК4			0918					204.383
	ПК4	2326			+	0310	+2		204.383
	+21	2154	0652				+ 0311	206.709	206.057
6	+56		2889				+ 0313	203.820	
				2016	+	0312			
	Rp9			1842					204.696

$$\sum h_{\text{хода}} = +3.882 \quad \sum h_{\text{теор}} = +3.894 \quad f_{h\phi} = -0.012 \quad f_{h\partial} = 0.035$$

Рис.1.8 Журнал геометричного нівелювання траси від Rp 8 до Rp 9

## 1.4. Топографо-геодезичне забезпечення проектування) автомобільних доріг

### 1.4.1. Камеральне проектування автомобільних доріг

#### *Проектування поздовжнього профілю автомобільної дороги*

Найбільш повною за обсягом і типовою є програма робіт для дорожніх вишукувань.

Похідними даними в разі *камерального* проектування автомобільної дороги є топографічна карта масштабу 1:10000 з висотою перетину рельєфу  $h_0 = 2-5\text{м}$ , або 1:25000 з  $h_0 = 5\text{м}$ .

Коли проектування виконують за даними *польових* вишукувань, то похідними даними будуть результати кутових, лінійних і висотних вимірювань по трасі.

Принципи проектування за даними камеральних і польових вишукувань і склад документації в значній мірі однакові. Різниця у більшій точності матеріалів польових вишукувань, а відповідно і проектних матеріалів.

#### *Проектування профілю траси складається з двох процесів:*

1. побудова моделі земної поверхні по напрямку траси - профілю земної поверхні (чорного профілю).

2. побудова на одному з чорним профілем кресленні проектної траси та допоміжних даних з урахування технічних умов проектування.

#### *Побудова подовжнього профілю земної поверхні*

У традиційній технології подовжній профіль складають на міліметрівці. На ній будують стандартну сітку для відображення проектних і розрахункових даних. *Горизонтальний масштаб* частіше всього приймають масштаби 1: 2000 і 1: 5000. Після цього в рядку горизонтальних відстаней відкладають у масштабі відстані, ставлять вертикальні мітки і заносять відповідно пікети, плюсові точки і відстані між ними.

*Вертикальний масштаб* для більшої наочності укрупнюють в 10 разів.

В рядку «висоти землі» виписують висоти пікетів і плюсових точок. По вертикалі відкладають в прийнятому масштабі висоти точок і з'єднують їх прямими лініями, одержуючи лінію профілю місцевості. Відмітки точок поверхні землі округляють до сантиметрів.

#### *Побудова проектного подовжнього профілю*

*Положення проектної лінії автодороги* (проектної траси) відносно земної поверхні визначають на чорному поздовжньому профілі, дотримуючись технічних умов. Головними з яких є додержання граничного поздовжнього ухилу та дотримання балансу земляних робіт при мінімальних об'ємах.

*Граничний ухил* визначається за нормами проектування доріг і не повинен перевищувати 0,040-0,050 для доріг вищих категорій та 0,060-0,090 для доріг місцевого значення.

Крім того *положення дороги на профілі* визначають *контрольними точками*, які жорстко фіксовані по висоті: початок і кінець траси, її перетини з

існуючими дорогами, висота проектної лінії над поверхнею води при переході через водотоки. Від цих точок починається нанесення проектної лінії на профіль.

Знаючи висоту контрольної точки  $H_1$ , знаходять проектну висоту  $H_2$  за формулою:

$$H_2 = H_1 + h = H_1 + i \cdot d.$$

де  $h$  - перевищення між точками;  $d$  - відстань між точками.

У рядках сітки «ухили» і «проектні висоти» показують проектні значення ухилів і відповідні їм проектні висоти точок.

Різницю між проектною позначкою землі на осі дороги називають робочими позначками.  $h_{pi} = H_k - H_{ch}$ . Додатні робочі позначки показують висоту насипу, від'ємні - глибину виїмки.

Між двома точками профілю з робочими позначками різних знаків  $A$  і  $B$  знаходять точки нульових робіт  $M$  (Рис 1.9).

Відстань  $x$  від точки нульових робіт до ближньої точки визначають за формулою:

$$x = d \frac{|h_a|}{|h_a| + |h_b|},$$

де  $d$  - відстань між точками з відомими висотами.

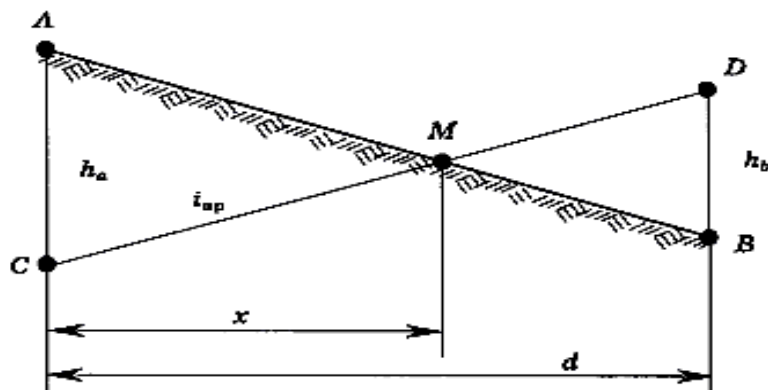


Рис. 1.9 – Визначення положення точки нульових робіт

Висота точки нульових робіт:

$$H_{00} = H_n + i \cdot x,$$

де  $H_n$  - висота точки, від якої визначена відстань  $x$

Робочі відмітки підписуються біля лінії профілю

У рядку «план прямих і кривих» показують довжини і напрями прямих відрізків траси і елементи кривих.

Всі фактичні дані позначають чорним, проектні – червоним, а дані про точки нульових робіт - синім кольором.

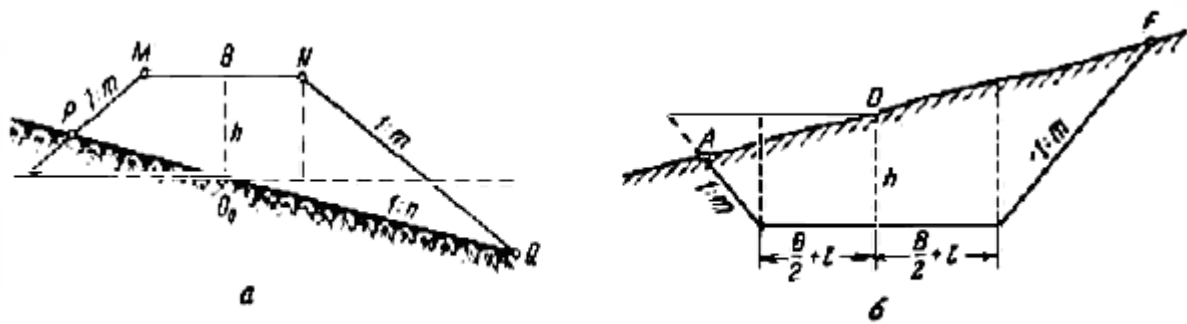


Рис. 1.10 - Поперечні перетини насипу та виїмки на косогорі

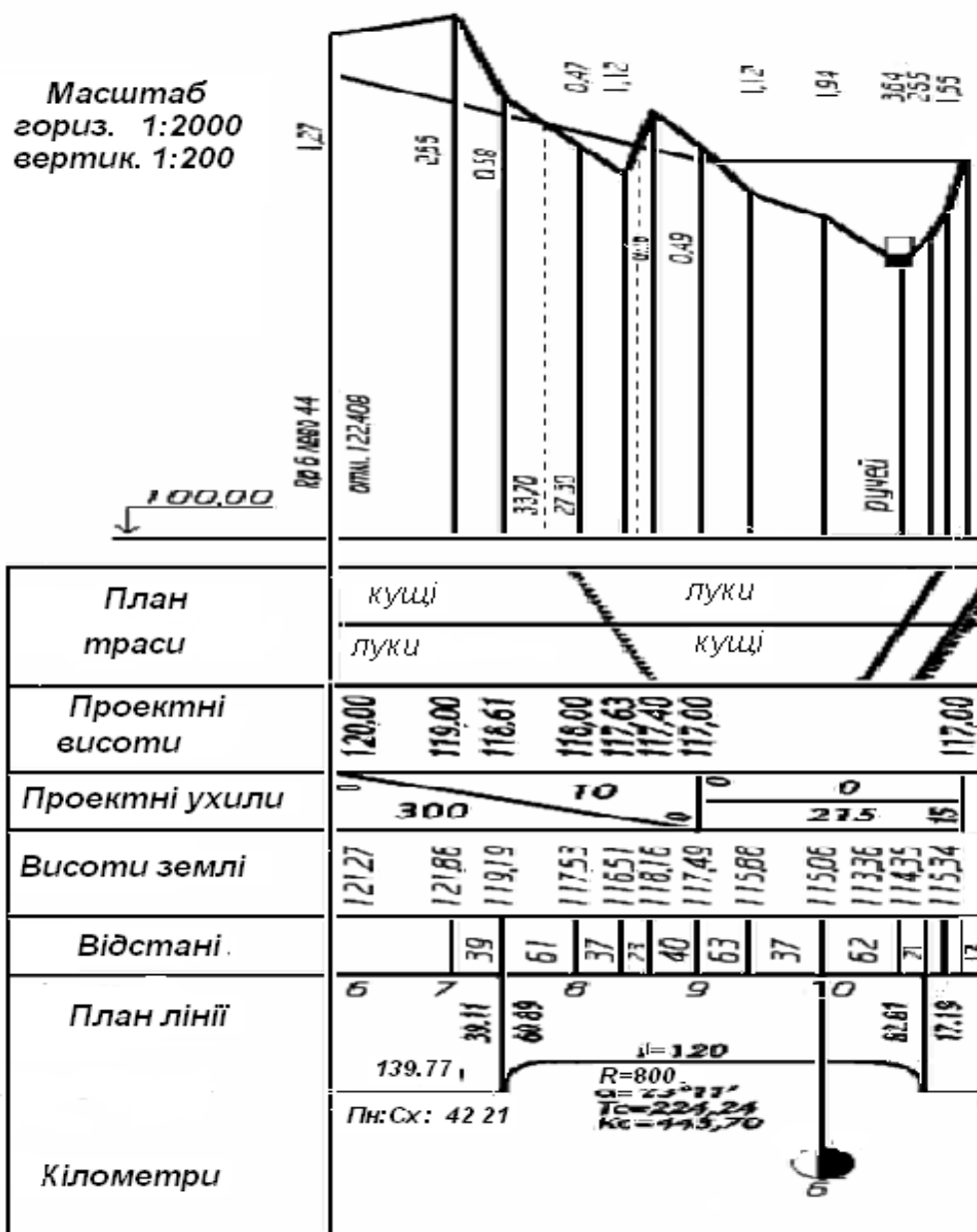


Рис 1.11 – Поздовжній профіль траси

Проектування дороги на поперечному профілі виконують на поперечниках, які будують в одному масштабі для вертикальних і горизонтальних відстаней.

На переломах проектної лінії плану і профілю автодороги передбачають вставку горизонтальних та вертикальних кривих, які забезпечують плавність руху, а також видимість дороги і зустрічного транспорту.

Проектування дороги на поперечному профілі виконують на поперечниках, які будують в одному масштабі для вертикальних і горизонтальних відстаней.

## Проектування заокруглень на трасі дороги

### Заокруглення в плані

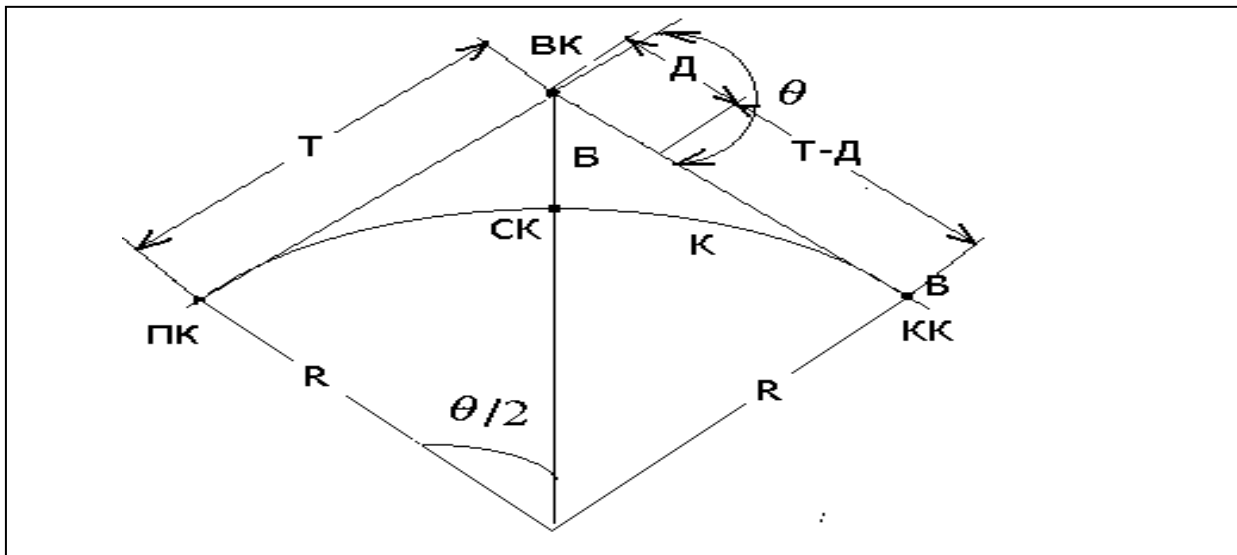


Рис. 1.12 – Схема і елементи кривої в плані

Для проектування кругової кривої в плані треба знати кут повороту траси та призначити величину радіусу проектованої кривої.

За цими величинами обчислюють основні елементи кривої  $T, K, B$ .

$$\text{Тангенс } T = R \cdot \operatorname{tg} \frac{\theta}{2};$$

$$\text{Крива } K = R \cdot \theta / \rho;$$

$$\text{Бісектриса } B = R \left( \sec \frac{\theta}{2} - 1 \right)$$

Якщо не користуються таблицями, обов'язково обчислюють *контрольну* величину домір  $D$ :

$$D = R \left( 2 \operatorname{tg} \frac{\theta}{2} - \frac{\theta}{\rho} \right).$$

**Тільки незалежно обчислене значення доміра може слугувати контролем:**

$$2T - K = D$$

Відстані на трасі обчислюють за кривими, а розмітку пікетажу ведуть уздовж тангенсів. Для врахування різниці між довжиною двох тангенсів і кривою, всі пікети за вершиною кута зміщують на величину  $D$ .

Для великих радіусів кривих довжини тангенсів можуть досягати кількох сотень метрів, і вести розмітку початку і кінця кривої від вершини кута незручно. Тому обчислюють головні точки кривої в пікетажних позначеннях:

$$Пк\ ПК = ПкВК - T;$$

$$Пк\ КК = ПкПК + K;$$

$$Пк\ СК = Пк\ ПК + K/2;$$

*Контроль*  $Пк\ КК = ПкВК + T - D$

$$Пк\ СК = ПкВУ - D/2.$$

Знаючи румб початкового напрямку, пікетажні значення вершин кутів повороту і точок початку і кінця обох кривих, назву (правий і лівий) і величину кутів повороту, складають відомість прямих і кривих. Вона необхідна для контролю всіх обчислень, пов'язаних з положенням траси в плані. Крім того, вона є основним документом для розмічування траси на місцевості.

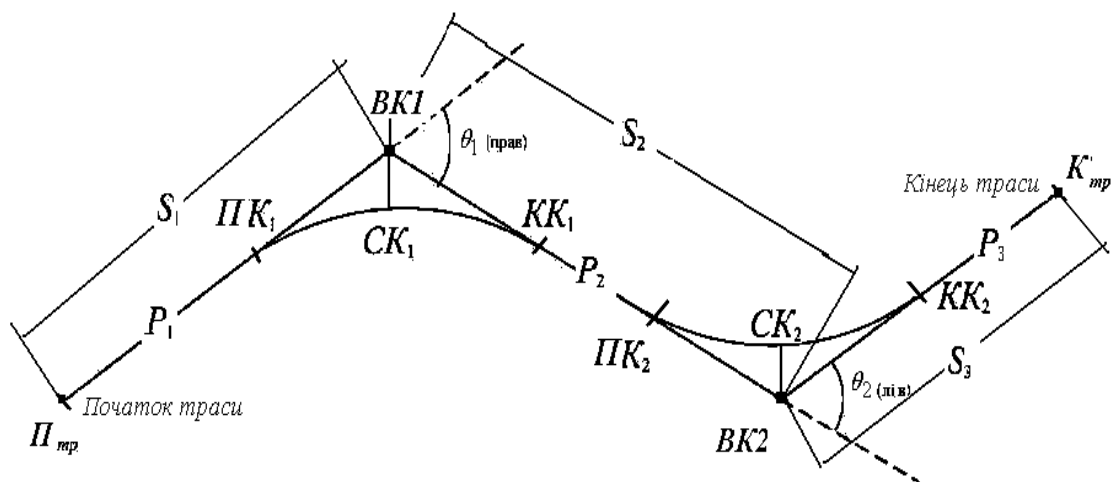


Рис. 1.13 – Елементи плану траси

### Складання відомості прямих і кривих

Довжини прямих вставок  $P_1$ ,  $P_2$  і  $P_3$  обчислюються так:

- довжина прямої вставки  $P_1$ , розташованої на стороні ПКО - ВУ<sub>1</sub>, визначається різницею пікетажних значень початку першої кривої ПК<sub>1</sub> і початку П<sub>тр</sub> траси.

- довжина вставки  $P_2$  на сторону ВУ - ВУ<sub>2</sub> обчислюється різницею

пiкетажних значень початку другої кругової ПК<sub>2</sub> i кiнця першої кругової кривої:

$$P_2 = \Pi \kappa \Pi K_2 - \Pi \kappa K K_1$$

Оскільки за умов завдання загальна довжина траси повинна бути рівна  $N$  пікетам, то пряма вставка  $P_3$  визначиться різницею пікетажних значень  $K_{тр}$  і кінця другої кругової кривої, тобто:

$$P_3 = \Pi \kappa K_{mp} - \Pi \kappa K K_2 = \Pi \kappa \Pi K N - \Pi \kappa K K_2$$

Значення відстаней між вершинами кутів повороту  $S_1, S_2, S_3$  обчислюють по формулах:

$$\begin{aligned} S_1 &= \Pi \kappa B K 1 - \Pi \kappa \Pi_{mp} & S_2 &= \Pi \kappa B Y 2 - \Pi \kappa B Y 1 + \mathcal{D}_1, \\ S_3 &= \Pi \kappa K_{mp} - B K 2 + \mathcal{D}_2. \end{aligned}$$

$$\text{або: } S_1 = P_1 + T_1; \quad S_2 = T_1 + P_2 + T_2; \quad S_3 = T_2 + P_3.$$

Після заповнення відомості прямих і кривих виконують контроль розрахунків по формулі:

$$\Sigma P + \Sigma K = \Sigma S - \Sigma D = L,$$

де  $L$  - загальна довжина траси.

## Вертикальні криві

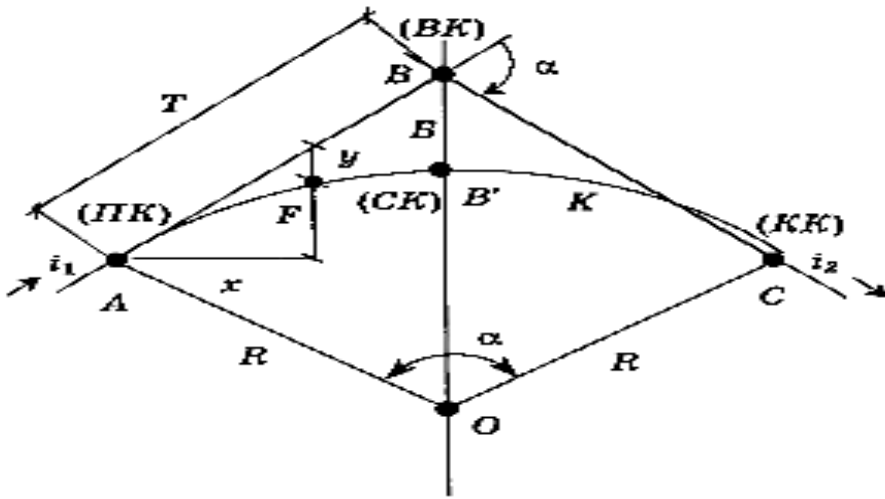


Рис. 1.14 – Схема і елементи вертикальної кривої

Детальне *проектування* вертикальних кривих виконують за способом прямокутних координат: задають крок проектування (значення абсцис) і обчислюють відповідні ординати за формулою:  $y = x^2/2R$  (рис.14).

Значення бісектриси і ординат вводять як поправки в проектні позначки профілю з плюсом для увігнутих і з мінусом для вигнутих кривих.



$R$  - радіус вертикальної кривої,  $i_1$  та  $i_2$  зустрічні ухили.

$$T = R \frac{i_1 + i_2}{2}; \quad B = T^2 / 2R; \quad K = R(i_2 + i_1);$$

### Винесення пікетів на криву

Всі пікети, які знаходяться на тангенсах, повинні бути перенесені на криву. Для цього визначають їхні прямокутні координати відносно початку або в кінця кривої. Якщо на криву радіуса  $R$  потрібно винести пікет за номером  $n$ , попередній пікет  $n-1$  знаходиться на відстані  $K$  і від початку кривої (рис.1.15 ).

По довжині дуги  $K$  і радіусу прямокутні координати пікету обчислюють за формулами:  $x_n = R \sin \varphi$ ;  $y_n = 2R \sin^2 \varphi / 2$ , де  $\varphi = K \cdot \rho / R$

Таким чином, для винесення пікету на криву необхідно відкласти від початку кривої  $ПК$  взаємно перпендикулярні відрізки  $X$  і  $Y$ .

Пікети, які розміщені за вершиною кута, виносять на криву від її кінця.

Винесену на місцевість трасу для забезпечення тривалого збереження закріплюють виносними точками за межами земляних робіт (рис. 1.16).

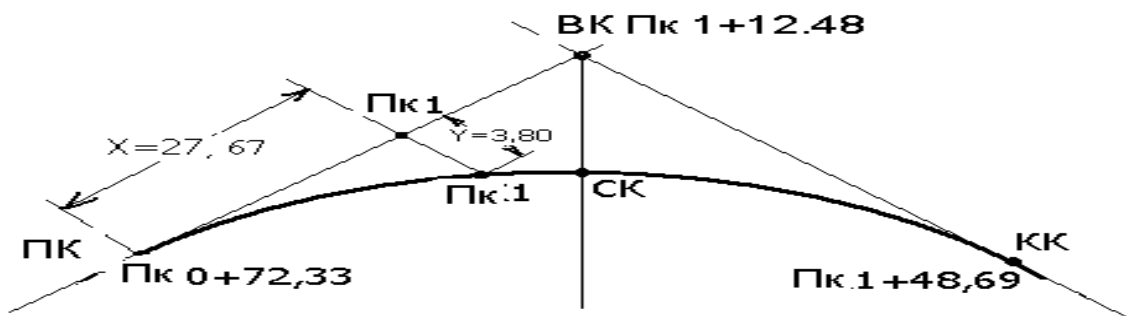


Рис. 1.15 – Перенесення пікету на криву

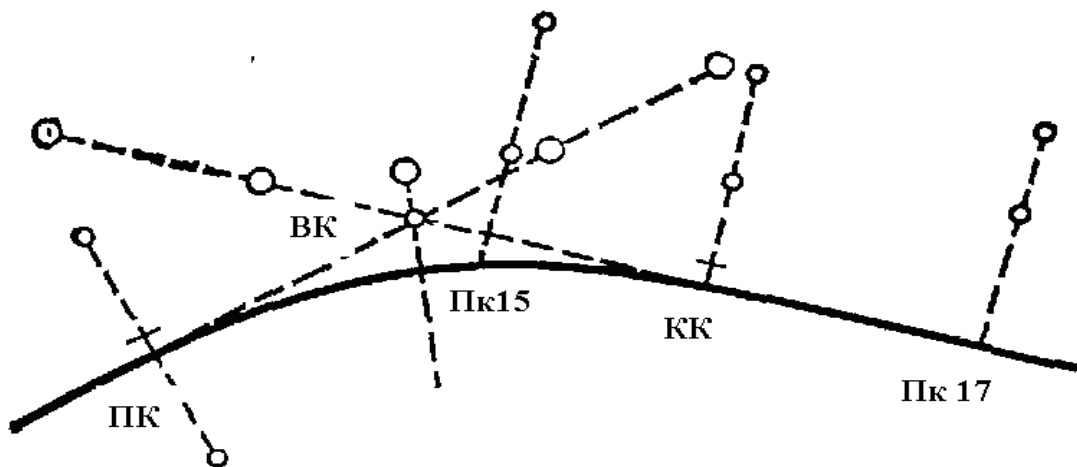


Рис. 1.16 – Закріплення траси на місцевості виносними точками

## 1.5. Способи розмічування осей криволінійних споруд

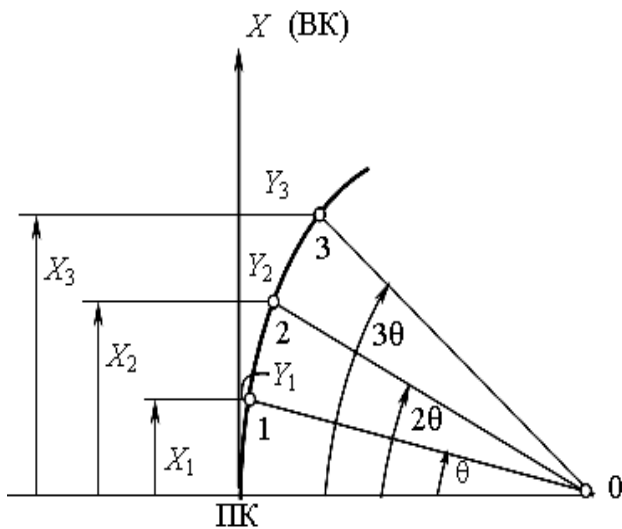


Рис . 1.17 – Спосіб прямокутних координат

Для винесення траси на місцевість трьох головних точок кривої недостатньо. Тому будують додаткові точки, так щільно, щоб проміжки між ними можна було вважати практично відрізками прямих. Для кривих радіусом менше 100 м проміжок приймають рівним 5 м, при радіусі 100-500 м і більше 500 - 20 м.

Найбільш розповсюдженими способами детального розмічування кривих є способи прямокутних координат і продовжених хорд.

### 1.5.1. Спосіб прямокутних координат

За початок координат в умовній системі приймають початок кривої *ПК*; за вісь абсцис - тангенс *T* (рис. 1.17 ).

Обчислюють кут  $\theta$ , що відповідає довжині дуги  $l$ :

$$\theta = \frac{180^\circ \cdot l}{\pi R}$$

Обчислюють прямокутні координати точок на кривій 1,2, 3,.. за формулами:

$$\begin{aligned} X_1 &= R \sin \theta; & Y_1 &= 2R \sin^2 \frac{\theta}{2}; \\ X_2 &= R \sin 2\theta; & Y_2 &= 2R \sin^2 \theta; \\ X_n &= R \sin n\theta; & Y_n &= 2R \sin^2 \frac{n\theta}{2}. \end{aligned}$$

Побудова точок 1,2,3 і т.д. виконується так само, як і при винесенні пікету на криву. Перевага цього способу в тому, що кожену точку виносять окремо, що виключає нагромадження похибок. Але швидке зростання від точки до точки ординат робить неможливим використання способу прямокутних координат в стиснених для вимірювань умовах.

### 1.5.2. Спосіб продовжених хорд

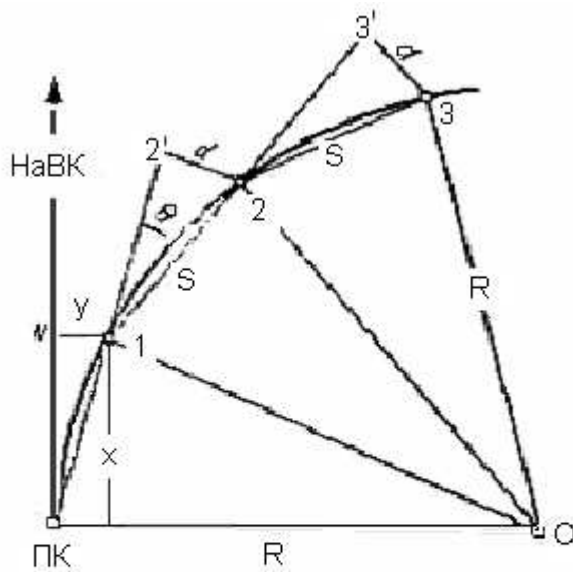


Рис.1.18 - Розмічування кривої способом продовжених хорд

Задаються інтервалом  $S$  детальної розмічування кривої радіуса  $R$  та обчислюють кут за формулою:

$$\sin \frac{\varphi}{2} = \frac{S}{2R}$$

Обчислюють координати точки 1, яку розбивають способом прямокутних координат (рис. 1.18). Потім на продовженні першої хорди відміряють відрізок  $S$  і закріплюють точку 2.

Утримуючи кінець стрічки в точці 1, визначають положення точки 2 лінійною засічкою радіусами  $S$  (стрічка) та  $d$  (рулетка).

Знову відкладають відрізок  $S$  на продовженні хорди 1-2. З точок 2

і 3' на перетині дуг радіусів  $S$  і  $d$  визначають положення точки 3 і т.д. Величину відрізка  $d$ , яка є постійною для всіх точок кривої, обчислюють за формулою

$$d = S^2 / R$$

Цей спосіб зручний тим, що всі вимірювання виконуються недалеко від кривої, що дозволяє його використання на забудованій території, залісеній місцевості, тобто там, де спосіб прямокутних координат непридатний. Основним недоліком способу є швидке накопичення похибок розмічування в міру того, як зростає кількість точок розмічування.

### 1.5.3. Спосіб вільної станції

Цей спосіб застосовують при використанні електронного тахеометра. Його встановлюють в зручній для спостережень, довільно вибраній точці і визначають положення станції оберненою лінійно-кутовою засічкою.

Програмне забезпечення електронного тахеометра дозволяє виконувати опрацювання результатів вимірювань і обчислення координат вільної станції.

## 2. ІНЖЕНЕРНО – ГЕОДЕЗИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БУДІВНИЦТВА

### 2.1. Організація інженерно-геодезичних розмічувальних робіт

#### 2.1.1. Інженерно-геодезичне проектування

*Інженерно-геодезичне проектування* - це комплекс робіт, що проводиться з метою отримання необхідних даних, для розміщення споруди в плані і по висоті, тобто по горизонтальному і вертикальному плануванню будівельного майданчика.

Інженерно-геодезичне проектування включає:

1. розміщення об'єкту будівництва на площині і по висоті;
2. орієнтування основних осей споруди;
3. проектування рельєфу;
4. обчислення об'ємів земляних робіт;
5. виконання розрахунків, пов'язаних з складанням проекту споруд лінійного типу (включаючи розрахунок горизонтальних і вертикальних кривих і складання подовжнього профілю майбутньої траси);
6. виконання розрахунків, необхідних для перенесення проекту в натуру;
7. складання розмічувальних креслень, схем і т.д.

*Проект споруди*

*Проект* є комплексом технічних документів, що містять техніко-економічне обґрунтування, розрахунки, креслення, записки пояснень і інші матеріали, необхідні для будівництва. Будівництво будівель і споруд виконується тільки по кресленнях, розроблених в проекті.

*Інженерно-геодезичне проектування розміщення об'єкту будівництва на площині*

Проектування заходів з геодезичного забезпечення будівництва виконується на *генеральному плані* для будівельного майданчика в цілому та з використанням планів окремих будівель.

*План будівлі* - це горизонтальний розріз будівлі звичайно в масштабі 1:100. Розріз виконується по тому або іншому поверху горизонтальною площиною, проведеною дещо вище за підвіконня. На кресленні плану показують те, що виходить в січній площині, і те, що розташоване під нею. Тому план дає можливість судити не тільки про форму і планові розміри всієї будівлі, але і про форму, розміри, взаємне розташування окремих приміщень, розташування і товщину капітальних стін і перегородок, розташування і планові розміри сходів і інших елементів будівлі, а також про розміщення санітарно-технічного і іншого устаткування.

*Завжди виконується план першого поверху і плани всіх неоднотипних поверхів.*

### **2.1.2. Класифікація осей будинків і споруд в плані**

*Розмічувальною віссю* називається вісь (лінія), що проходить уздовж зовнішніх і капітальних внутрішніх стін.

Відстань між розмічувальними осями споруди відповідає номінальному розміру і повинна бути кратною 100 ( $M = 100$  мм). Розташування розмічувальних осей будівлі повинне задовольняти вимогам єдиної модульної системи (ЄМС). Всі зовнішні і капітальні внутрішні стіни, а також опори (колони і стовпи), повинні мати розмічувальні осі.

До розмічувальних осей прив'язують всі елементи і конструкції будівлі.

*Розмічувальні осі внутрішніх колон і стін* звичайно співпадають з їх геометричними осями.

*Розмічувальні осі зовнішніх стін* не співпадають з їх геометричними осями. Вони можуть співпадати з внутрішньою гранню стіни або відстояти від неї на величину, кратну 100 мм (величина модуля).

На плані розмічувальні осі наносять штрих-пунктирними лініями. Їх виносять за контури будівлі і закінчують колами діаметром 6... 12 мм, в яких ставлять їх позначення.

*Подовжні розмічувальні осі* маркують літерами від низу до верху низу, починаючи з букви А.

Поперечні осі маркують цифрами зліва направо, починаючи з цифри 1. Маркування осей, як правило, виконують по лівій і нижній сторонах.

Якщо розташування осей протилежних сторін плану не співпадає, то в місцях розбіжності розмічування, маркування виносять додатково, по правій і верхній сторонах плану.

Розміри, на плані указуються в мм, і наносять у вигляді замкнутих ланцюжків.

*Перший* з них, з розмірами простінків і отворів, що чергуються, проводять на відстані 15.. 20 мм від зовнішнього контуру плану.

*Другий* від зовнішнього контуру плану розмірний ланцюжок визначає відстань між розмічувальними осями. Також дається прив'язка осей зовнішніх стін до їх зовнішніх граней.

*За другим* розмірним ланцюжком указують відстань між крайніми розмічувальними осями і дають габаритний розмір плану.

За всі розмірні лінії виносяться і лінії розрізів (сліди січних площин), які показуються звичайно на плані 1-го поверху і позначаються арабськими цифрами.

*Розміри, що проставляються усередині плану будівлі*

Перш за все, це ланцюжки розмірів, що визначають послідовно ширину (довжину) приміщень, товщину стін і перегородок. Усередині плану проставляються розміри прив'язки граней капітальних стін до розмічувальних осей, розміри внутрішніх дверних отворів і дається прив'язка отворів до найближчих поперечних стін. На вільному місці, ближче до правого нижнього кута плану кожного приміщення, проставляється його площа, з точністю до

0,01 м<sup>2</sup>. Цифра, що визначає площу приміщення, підкреслюється товстою лінією.

Осі будинків і споруд поділяють на *головні, основні та детальні, або проміжні*. Крім того осі поділяють на *поздовжні та поперечні осі* (рис. 2.1).

*Поздовжні осі* розміщуються *уздовж більшої сторони будинку*. На робочих кресленнях їх позначають літерами *А-А, Б-Б* і т. д.

*Поперечні осі* розміщуються *перпендикулярно до поздовжніх* і нумеруються цифрами *1-1, 2-2* та ін. (рис. 2.1).

Осі будинків споруд можуть бути криволінійними і повторювати їх конфігурацію.

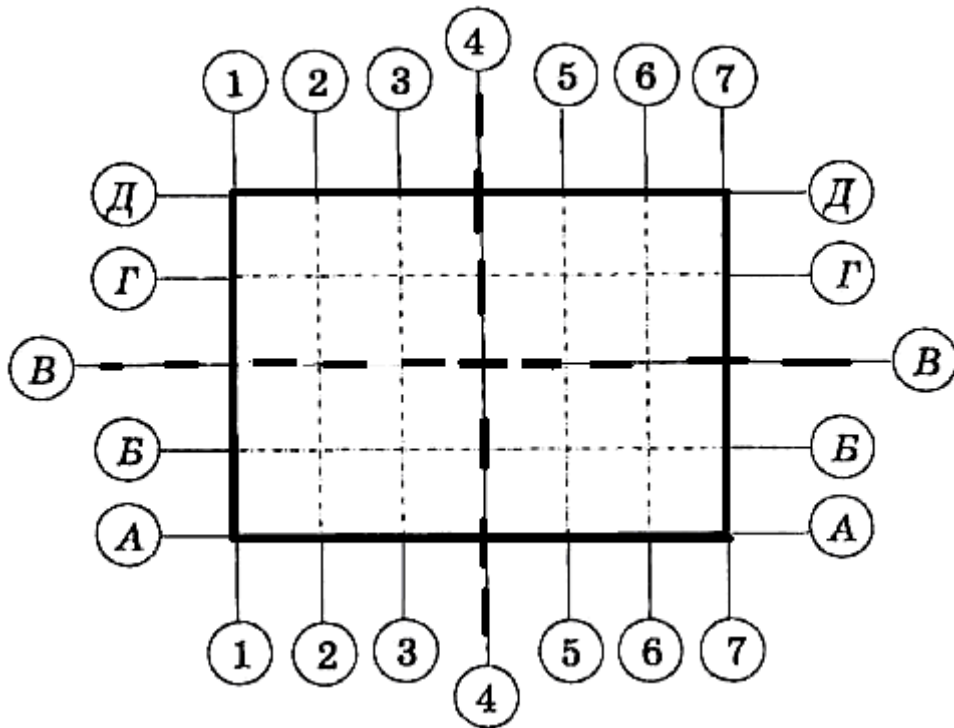


Рис. 2.1 - Схема розмічування осей прямокутної будівлі

*Головними осями* називаються дві взаємно перпендикулярні осі, відносно яких споруда розміщується *симетрично* (*В-В та 4-4* рис. 2.1 ). Ці осі, розмічають при зведенні великих за розмірами будинків і споруд.

*Основними осями* називаються осі, які проходять *по контуру будинків та споруд*. На рис. 2.1 це поздовжні основні осі *А-А, Д-Д*, та поперечні *1-1, 7-7*.

*Детальними, або проміжними осями* називають усі інші осі, які визначають планове положення окремих елементів конструкцій споруди. Це осі *Б-Б, Г-Г, 2-2*, та інші.

Для геодезичного контролю за установкою обладнання використовують *монтажні осі*, які розміщені паралельно розмічувальним.

Оскільки головні, основні та детальні осі проходять по краю чи через середину, або центр будівельних конструкцій, то у процесі будівельних робіт вони закриваються.

Тому *монтаж елементів* будівельних конструкцій виконують відносно *монтажних осей*. Ці осі проходять *паралельно поздовжнім* та *поперечним* осям на відстані 100 мм від площини конструкції. Їх розмічають безпосередньо на кожному монтажному горизонті під кожний елемент конструкції.

Для лінійних споруд (доріг, каналів, водопроводів, каналізації, газопроводів тощо) проектують поздовжні осі - траси цих споруд.

При зведенні каркасних будинків, промислових споруд з колонами монтажні осі збігаються з осями їх елементів. Так, при монтажі колон монтажні осі збігаються з осями їх симетрії.

Винесені на місцевості головні чи основні осі закріплюють постійними знаками: по два знаки з кожного боку.

### **2.1.3. Проект виконання геодезичних робіт (ПВГР)**

Одночасно з генеральним планом комплексу споруд, що зводиться розробляють проект *виконання геодезичних робіт* (ПВГР), який пов'язують з проектом організації будівельних робіт. У ньому описують методику розмічувальних робіт, їх точність і черговість виконання.

**ПВГР** містить такі розділи:

#### *1. Організація геодезичних робіт на будівельному майданчику.*

У цьому розділі розглядаються питання узгодження схеми виробництва геодезичних робіт і календарні плани виконання вимірювань, вироблювані геодезичними групами

#### *2. Основні геодезичні роботи.*

Розділ містить схеми побудови планової і висотної геодезичної *основи* на будівельному майданчику, розрахунки необхідної точності геодезичних вимірювань, схеми і способи побудови розмічувальної мережі, типи знаків, реперів і марок, розбиття головних і основних осей. *Розмічувальну основу* будують у вигляді триангуляції, полігонометрії, трилатерації, будівельної сітки, лінійно-кутових побудов. Вона служить для побудови зовнішньої розмічувальної мережі та для виконавчих знімів.

#### *3. Розмічувальні роботи. Склад розмічувальних робіт.*

Сукупність геодезичних робіт на місцевості по перенесенню проекту споруди в натуру називають *розмічуванням*. За своїм змістом і методам розмічувальні роботи протилежні знімальним, але значно точніше за них.

*Геодезичні розмічувальні роботи* є складовою частиною будівельно-монтажного виробництва. Розрізняють *планові* і *висотні* розмічування споруд в які входять основні і детальні розмічувальні роботи.

- *Основні розмічувальні роботи* – це (створення зовнішньої розмічувальної основи) і проектних висот. Вони полягають у визначенні на місцевості положення *головних осей* і *основних осей* будівель та будівельного

нуля інженерної споруди. Осі і висоти переносяться в натуру від пунктів планової і висотної геодезичної основи, побудованої в районі споруди, що зводиться з розрахунком точності винесення і методики виконання робіт, схемою розміщення осьових знаків, а також детальні розмічувальні геодезичні роботи. Зовнішня розмічувальна основа є базисом для виконання детальних розмічувальних робіт.

- *Детальні розмічувальні роботи* полягають у визначенні планового і висотного положення тих або інших частин інженерної споруди, які задають його геометричні контури. *Детальні розмічувальні роботи* виконуються, як правило, від раніше перенесених в натуру головних осей споруди шляхом розбивки основних і допоміжних осей, а також характерних точок і контурних ліній, що визначають положення всіх деталей споруди.

- *Геодезичне забезпечення підземної частини* споруди на стадії розробки котловану включає передачу висот і осей на дно котловану, розмічування комунікацій при влаштуванні фундаментів, розробляється методика детального розмічування під монтаж конструкцій, виконання виконавчого знімання.

- *Геодезичне забезпечення при зведенні надземної частини споруд.*

Включає методику створення і розрахунки необхідної точності вимірювань при зведенні надземної частини будівлі: елементів планової і висотної геодезичної основи на початковому горизонті, вибір і обґрунтування методів передачі осей і висотних відміток на монтажні горизонти, виконавчі знімання.

- *Геодезична вивірка конструкцій і технологічного устаткування.* Найважливішими геодезичними характеристиками, що підлягають визначенню при монтажі технологічного устаткування, є прямолінійність, горизонтальність, вертикальність, паралель, схильність і т.д. Поєднання цих характеристик дозволяє визначити планове і висотне положення елементів і вузлів машин і установок, а також технологічного устаткування.

#### *4. Виконавчі знімання.*

У міру зведення будівель для визначення планового і висотного положення остаточно встановлених конструкцій виконують комплекс геодезичних робіт, який називають виконавчими зніманнями.

#### *5. Проект вимірювання деформацій споруд геодезичними методами.*

*Деформацією споруд* називають зміну відносного положення всієї споруди або окремих його частин, пов'язану з просторовим переміщенням або зміною його форми. Вона проявляється у вигляді прогинань, кручення, крену, зрушення, перекосів і т.д.

Для своєчасного попередження аварій і для детальнішого вивчення причин порушення експлуатаційних якостей споруд проводять систематичні спостереження за деформаціями їх конструкцій. З цією метою в конструкції споруд закладають спеціальні осадкові марки і періодично високоточними геодезичними методами визначають їх висоти. У ПВГР розглядають необхідну



точність вимірювань, перелік приладів і методики вимірювань, періодичність вимірювань і методи обробки результатів.

#### **2.1.4. Будівельна сітка**

При проектуванні *великого комплексу* споруд на **незабудованій** території використовують *умовну систему плоских прямокутних координат*. В ній, осі абсцис і ординат розташовують *паралельно* головним осям майбутніх споруд або червоним лініям і розрахунки значно спрощуються.

Саму систему умовних координат можна винести і закріпити на місцевості в підготовчий період будівництва як *будівельну сітку*. Наявність будівельної сітки спрощує і полегшує виконання розмічувальних робіт з перенесення проекту на місцевість.

Будівельна сітка є системою прямокутників і квадратів, вершини яких закріплені на місцевості постійними знаками. Її проектують на *будівельному генеральному плані*. Для цього спочатку будують дві взаємно перпендикулярні осі, паралельні головним осям проєктованих споруд. Потім на осях будують сітку квадратів з довжиною сторін 50-100-200 м. Для вершин квадратів будівельної сітки визначають координати.

Форма будівельної геодезичної сітки залежить від її призначення, типу об'єкту, що будується, характеру рельєфу на будівельному майданчику, а також від щільності існуючої забудови (рис. 2.2). Напрям осей координат вибирають паралельно лініям будівельної геодезичної сітки, а початок координат - таким, щоб всі пункти мали позитивні координати (часто за початок координат умовно приймають південно-західний кут будівельної геодезичної сітки).

Знаки сітки служать одночасно реперами висотного обґрунтування.

Для забезпечення максимального збереження знаків сітки при будівництві їх розміщення пов'язують з генеральним планом. Положення знаків визначають з високою точністю.

Для винесення в натуру сітки одну лінію її прив'язують до пунктів геодезичної опори (точки 1,2 рис. 2.2 ) і закріплюють на місцевості.

Потім будують в точці *O* взаємно перпендикулярну лінію *СД* і від цих ліній розбивають сітку.

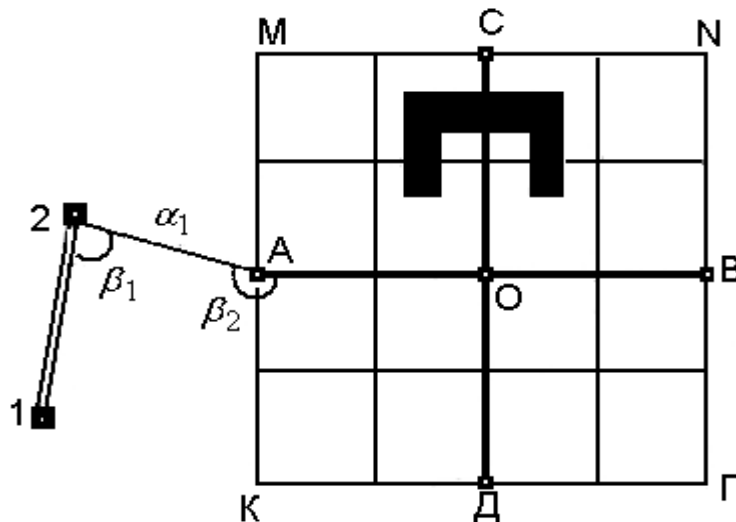


Рис. 2.2 - Схема будівельної сітки

По вершинах сітки прокладають полігонометричні ходи і визначають уточнені координати вершин сітки. Остаточне положення вершин квадратів сітки закріплюють бетонними знаками (рис. 2.3).

Будівельна сітка слугує не тільки як геодезичне забезпечення розмічувальних робіт; в подальшому її пункти використовують як геодезичну основу для виконавчих знімань.

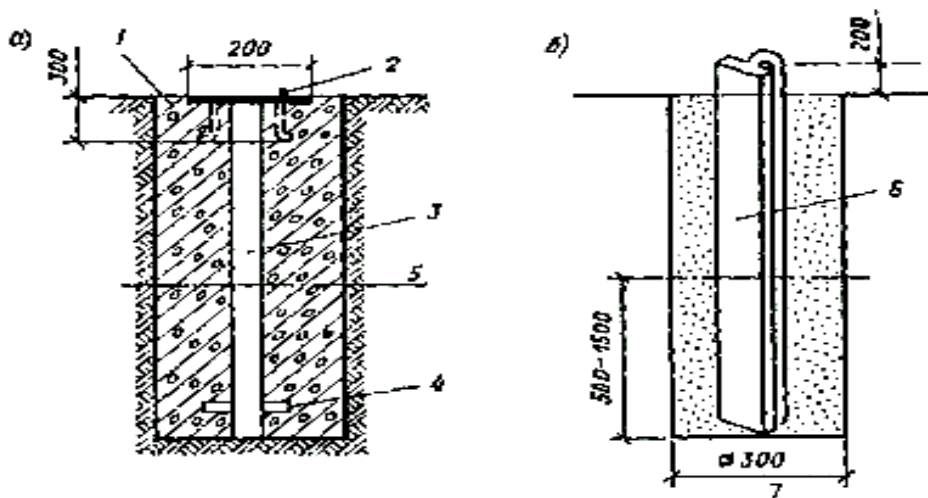


Рис. 2.3 - Постійні знаки зовнішньої розмічувальної мережі споруди

### 2.1.5. Система допусків у будівництві

Сучасні індустріальні методи зведення інженерних споруд вимагають взаємозамінності однотипних елементів конструкції споруди. Будь-яка деталь, взята з будь-якої партії однотипних будівельних елементів (панель, колона,

плита перекриття та ін.) встановлюється у проектне положення в межах заданих допусків і без будь-якої підгонки чи пригонки за місцем.

Необхідною умовою взаємозамінності є забезпечення необхідної точності виготовлення елементів споруд, виконання геодезичних розмічувальних і монтажних робіт. Практично всі ці види робіт неминуче виконуються з похибками.

Взаємозамінність забезпечується за умови дотримання встановлених проектом допусків на виготовлення, розмічування і монтаж елементів будівельних конструкцій. Величини допусків на окремі технологічні операції визначають шляхом обробки результатів експериментів або теоретичних розрахунків.

Державними будівельними нормами встановлено, що *повна взаємозамінність* забезпечується, коли 99,73 % елементів встановлюється у проектне положення. Це означає, що із 10 000 елементів 9 973 будуть встановлені у проектне положення без підгонки.

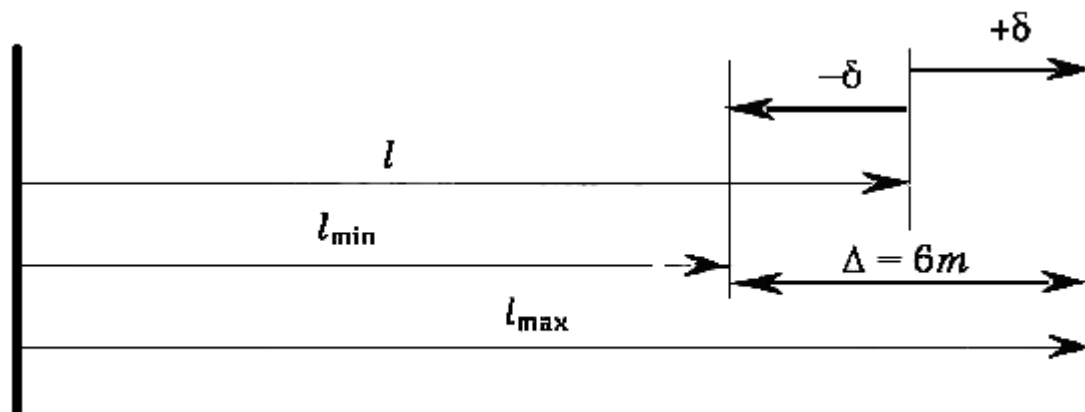


Рис. 2.4 - Графічне зображення допуску:  $l$  - номінальний розмір елемента

На рис. 2.4 показано допуск  $\Delta$  на розмір будівельного елемента  $l$ .

При встановленій довірчій імовірності  $P = 0,9973$  отримаємо:

- поле допуску:  $\Delta = 6m$ ;

граничне відхилення:  $\delta = \Delta/2 = 3m$ ;

можливі мінімальний та максимальний розміри елемента:

$$l_{\min} = l - \delta = l - 3m;$$

$$l_{\max} = l + \delta = l + 3m,$$

де  $m$  - середня квадратична похибка

Україні діє "Система забезпечення точності геометричних параметрів у будівництві". Вона складається із системи державних та галузевих стандартів, технічних умов, будівельних норм та інших нормативно-технічних документів.

При розробці проектів інженерних споруд на кресленнях показують *номінальні (проектні) розміри*. Практично при виготовленні, розмічуванні та монтажі виникають відхилення від номінальних розмірів. Виміряні розміри називають *дійсними розмірами*.

Таким чином, **точність** характеризує ступінь наближення дійсних розмірів до номінальних.

*Точність геометричних параметрів* у будівництві визначають функціональними та технологічними допусками.

*Функціональний допуск* регламентує точність зібраної конструкції за умов забезпечення її функціональних потреб.

*Технологічний допуск* встановлює точність виконання окремого технологічного процесу.

Система допусків у будівництві створена за принципом групування в *класи точності*. Клас точності містить сукупність значень технологічних допусків для номінальних значень геометричних параметрів.

Величина технологічного допуску згідно з ГОСТ 21779-82 обчислюється за формулою:

$$\Delta = i \cdot K$$

де  $i$  - одиниця допуску;  $K$  - коефіцієнт точності.

*Одиниця допуску  $i$*  визначається залежно від розміру параметрів, виду його (дефекту), методів виконання геодезичних і монтажних робіт.

Коефіцієнт точності  $K$  встановлює число одиниць допуску  $i$  в даному класі точності. Технологічні допуски, обчислені не для кожного розміру, а для певних інтервалів геометричних параметрів.

Розроблені нормативи на технологічні допуски для окремих технологічних параметрів: виготовлення елементів конструкцій; виконання геодезичних та монтажних робіт.

1. *Допуски виготовлення*. Точність лінійних розмірів та стану поверхні (шорсткості) залізобетонних конструкцій залежить від точності розмірів і шорсткості форм, в яких вони виготовляються. Згідно з ГОСТ 21779-82 основними дефектами елементів будівельних конструкцій є:

- спотворення лінійних розмірів;
- відхилення від прямолінійності (шорсткості) поверхні;
- відхилення від площини (викривлення опорних площин, овальність);
- спотворення перпендикулярності поверхонь (клиноподібність);
- перекис (нерівність діагоналей).

Одиницю допуску на виготовлення обчислюють за формулою:

$$i = \alpha_i (0.8 + 0.001\sqrt{L})(\sqrt[3]{L + 25} + 0.01\sqrt[3]{L^2}),$$

де  $L$  - розмір елемента;  $\alpha$  - коефіцієнт, що залежить від виду дефекту.

*Точність лінійних розмірів* характеризує точність виготовлення елементів конструкцій за: довжиною, шириною, товщиною, діаметром і положенням виступів, виїмок, отворів, прорізів, нанесених на елементи орієнтирів (рисок, осей) та ін. Допуски лінійних розмірів мають 9 класів точності для інтервалів від 20 до 60 000 мм.

2. *Допуски геодезичних розмічувальних робіт* встановлюються згідно з ГОСТ 21779-82 залежно від виду геодезичних робіт:

- а) розмічування точок і осей у плані;

- б) передача точок і осей по вертикалі;
- в) розмічування створних точок;
- г) розмічування висотних позначок на відстані  $L$ ;
- д) передача висотних позначок по вертикалі  $H$ ;
- е) розмічування взаємно перпендикулярних осей.

### *3. Допуски будівельно-монтажних робіт.*

Монтаж будівельних елементів виконують суміщенням їх у плані та за висотою відносно точок, ліній або площин, що винесені на поверхні будівельних конструкцій при виконанні геодезичних розмічувальних робіт.

ГОСТ 21779-82 встановлює два види монтажних допусків:

- 1) на суміщення орієнтирів (рисок на вихідній поверхні та на елементі);
- 2) на симетричність взаємного встановлення вихідного і монтажного елементів.

## **2.2. Організація інженерно-геодезичних розмічувальних робіт**

### **2.2.1. Геодезична підготовка проекту**

У задачу геодезичної підготовки проекту входить ув'язка між собою окремо розташованих на будмайданчику споруд і забезпечення їх розмічування на місцевості із заданою точністю.

Перед розмічуванням кожної споруди на місцевості складають розмічувальне креслення. Це креслення, що містить всі необхідні дані для перенесення окремих елементів споруди в натуру. На ньому показують геометричні елементи прив'язки споруди, що зводиться, до пунктів і ліній геодезичної мережі, будівельної сітки або до існуючих капітальні будівлям або спорудах.

Розмічувальне креслення технічного проекту - складають для перенесення на місцевість проекту забудови. В цьому випадку за основу приймають топографічний план масштабу 1 : 500.

Для підготовки розмічувальних креслень використовують:

- генеральний план споруд і будівельний генеральний план;
- робочі креслення споруд з планами розташування осей споруд, що зводяться, - головних, основних і проміжних;
- проект вертикального планування будівельного майданчика;
- плани і профілі підземних комунікацій.

При по горизонтальному плануванні складають проект розміщення всіх будівель і споруд, укладання транспортних і інших комунікацій. З цією метою спочатку на плані проектують систему ліній регулювання забудови, за яку не повинна виходити жодна з будівель, що зводяться, а при проектуванні житлових масивів - систему червоних ліній, які відділяють території кварталів від вулиць і проїздів. Положення червоних ліній визначається координатами вузлових точок, кутами дирекцій напрямів і відстанями між точками.

При складанні розмічувальних креслень для перенесення в натуру

головних осей споруди, використовують графічний, графо-аналітичний і аналітичний методи.

*Аналітичним методом* ці лінії розраховують, коли початковими даними служать координати комплексу опорних будівель і споруд, положення яких в процесі планування залишається незмінним. Розрахунки по горизонтальному плануванню виконують шляхом рішення прямих і зворотних геодезичних задач. Цей метод дає найточніші результати.

*Графо-аналітичним методом* розрахунок виконують за відсутності опорних споруд. Координати головних точок цьому випадку беруть графічно з плану та аналітично визначають параметри всіх ліній при заданих розмірах кварталів. Після цього складають детальний проект розміщення окремих споруд. Метод є оперативним для підготовки креслень, коли частину необхідних даних визначають графічно з планів, а іншу - розраховують аналітично.

*Графічний метод* застосовують тільки за наявності великомасштабного плану району будівництва і доцільності безпосередньо з нього визначати всі геометричні елементи розмічувального креслення.

### **2.2.2. Норми точності виконання геодезичних розмічувальних робіт у період будівництва**

Геодезичні розмічувальні роботи у процесі будівництва повинні забезпечувати винесення в натуру від пунктів геодезичної розмічувальної основи (шляхом геодезичних обчислень, побудов та вимірів) осей і висот, які визначають відповідність проекту положення в плані та за висотою всіх конструкцій, частин і елементів будівель та споруд.

Точність геодезичних розмічувальних робіт встановлюється залежно від кількості етапів, висоти споруд та їх конструкцій, способів виконаних з'єднань, сполучень і вузлів згідно з будівельними нормами і правилами СНиП 3.01.03-84 "Геодезические работы в строительстве".

Під час виконання розмічувальних робіт користуються граничним відхиленням:

$$\delta = \pm t \cdot m,$$

де  $m$  - середня квадратична похибка, що вибирається за СНиП;

$t$  - параметр, що вибирається для заданих довірчих ймовірностей  $P$ .

Значення параметру:  $t = 3$ , при  $P = 0,9973$ ;  $t = 2.5$ , при  $P = 0,95$ , та  $t = 2$ , при  $P = 0,90$ .

При монтажі технологічного устаткування точність геодезичних розмічувальних робіт повинна забезпечити дотримання допусків, передбачених технічними умовами на монтаж.

Результати геодезичних розмічувальних робіт повинні фіксуватись на кожній ділянці будівельних робіт і на кожному монтажному горизонті безпосередньо на робочих кресленнях, які використовувались при розмічуванні чи шляхом складання схем закріплення осей і висот.

## 2.3. Технологія геодезичних розмічувальних робіт

### 2.3.1. Завдання та зміст геодезичних розмічувальних робіт

Сукупність геодезичних робіт на місцевості по перенесенню проекту споруди в натуру називають *розмічуванням*. За своїм змістом і методам розмічувальні роботи протилежні знімальним і точніші за них. Задана точність розмічування звичайно досягається наближеннями.

Геодезичні розмічувальні роботи виконуються на всіх етапах будівельних робіт аж до їх завершення. Вони полягають у винесенні на місцевість проекту будинку чи споруди, встановленні у проектне положення елементів конструкцій, винесенні інженерних комунікацій, проекту вертикального планування території та ін.

Геодезичні розмічувальні роботи виконуються як і геодезичні вимірювання за принципом від загального до часткового, але при розмічувальних роботах точність наступних етапів підвищується.

Розрізняють *основні* і *детальні* планові та висотні геодезичні розмічувальні роботи. Відповідно розмічування споруди на місцевості виконується в декілька етапів.

*На першому етапі* виконують *основні планові розмічувальні роботи* – створюють на будівельному майданчику геодезичну розмічувальну основу і виносять та закріплюють на місцевості положення головних або основних осей і тим самим визначають загальне положення контуру споруди на місцевості.

На промислових майданчиках та інших інженерних комплексах, де існує технологічний зв'язок між спорудами, точність геодезичних розмічувальних робіт підвищується.

При зведенні окремих будинків і споруд на території *існуючої* забудови *без технологічних зв'язків* між ними точність розмічувальних робіт відповідає графічній точності масштабу генплану ( $D_r = 0,2M$  мм, де  $M$  - знаменник числового масштабу плану).

*На другому етапі* виконують *детальне розмічування споруд* - винесення основних осей (якщо раніше були винесені головні), детальних і монтажних осей, а також інших видів робіт для визначення у *плані* положення елементів і вузлів будівельних конструкцій. Залежно від стадії виконання будівельних робіт розмічають поздовжні та поперечні осі елементів, блоків, закладних частин, встановлюють "висотні маяки" на монтажних горизонтах. Також визначають планове та висотне положення характерних точок елементів споруди, контролюють монтаж елементів конструкцій у плані, за висотою та вертикаллю.

*Третій етап* - розмічування монтажних осей виконується після закладки фундаментів. На цьому етапі, як правило, виконують геодезичні роботи найвищої точності, яка визначається проектом монтажу устаткування.

*Точність розмічувальних робіт* підвищується від етапу до етапу.

*На першому етапі* для вписування загальних контурів споруди достатня точність в межах декількох сантиметрів. *На другому і третьому етапах*

детальне розмічування виконують з вищою точністю.

Це обумовлено тим, що споруду звичайно зводять індустріальними методами з наперед виготовлених збірних деталей. Геодезичне розмічування повинне забезпечити повне складання споруди, - строге сполучення всіх його частин відповідно до геометричної схеми.

*Основні висотні розмічувальні роботи* полягають у винесенні на територію будівельного майданчика основних висотних реперів від реперів та марок державних, місцевих або спеціальних геодезичних мереж. Поблизу споруджуваного будинку або споруди закріплюють реperi (точки) "будівельного нуля" на рівні підлоги першого поверху.

*Детальні висотні розмічувальні роботи* полягають у встановленні на проектні висоти елементів конструкцій будинків і споруд при їх монтажі. Їх виконують від існуючих висотних реперів або закріплених точок "будівельного нуля". На монтажних горизонтах (перекрыттях поверхів) висотні розмічування виконують відносно робочих реперів або "висотних маяків". Монтаж елементів конструкцій може виконуватись одночасно у плані та за висотою.

## **2.4. Елементи геодезичних розмічувальних робіт**

Винесення проекту полягає у побудові на місцевості характерних точок осей споруди. Для цього будують проектні кути, відкладають відстані та виносять проектні перевищення (висоти).

*Елементами геодезичних робіт* називаються геодезичні роботи, пов'язані з розмічуванням на місцевості кутів, ліній і перевищень.

*Методами* геодезичних розмічувальних робіт є цілеспрямована впорядкована сукупність із декількох елементів геодезичних робіт.

Їх застосовують для приведення у проектне просторове положення характерних точок споруд.

*Основні методи* геодезичних розмічувальних робіт: прямокутних координат (перпендикулярів), полярних координат, кутових засічок, лінійних засічок, створної засічки.

При виконанні розмічувальних робіт, інженер-будівник повинен уміти виносити на місцевість обчислені значення відрізків прямих, горизонтальні кути, проектні висоти точок, задавати лінії і площини з проектним ухилом, переносити на дно котловану і монтажні горизонти осі споруди і висоти.

### **2.4.1. Побудова горизонтального проектного кута**

Похідні дані: Місцеположення вершини кута А; напрям однієї зі сторін (АВ); проектне значення кута  $\beta_n$ ; (рис. 2.5 ).

Порядок виконання роботи:

- Встановлюють в точці А теодоліт і приводять його в робоче положення.
- При крузі право (КП) візують зорову трубу на точку В і беруть відлік по горизонтальному кругу  $b$ .



- Обчислюють відлік на точку С при побудові кута  $\beta_n$  при КП:

$$C = b + \beta_n$$

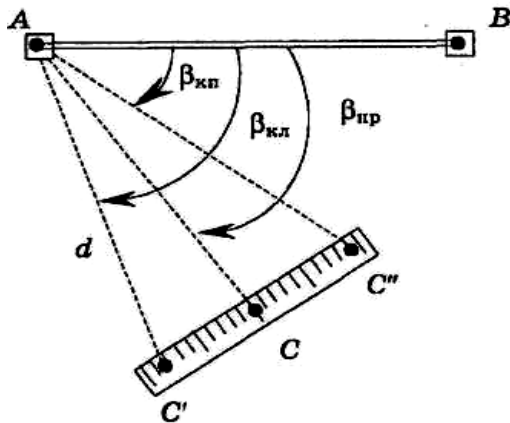


Рис. 2.5 - Побудова проектного горизонтального кута

- Встановлюють горизонтальному крузі відлік С і по створеному напрямку за проекцією центру сітки ниток труби фіксують шпилькою точку  $C_1$

- Аналогічні дії виконують при КЛ і фіксують шпилькою точку  $C_2$ .

За відсутності похибок точки  $C_1$  та  $C_2$  збігаються. Через похибки напрямки можуть не збігтися.

- За допомогою лінійки відстань  $C_1C_2$  ділять навпіл і фіксують точку С.

Середня квадратична похибка побудови в натур проектного горизонтального кута:

$$m_{\beta} = \sqrt{2m_B^2 + 2m_0^2 + m_{\psi}^2 + 2m_{\phi}^2},$$

де  $m_B$ ,  $m_0$ ,  $m_{\psi}$ ,  $m_{\phi}$  - середні квадратичні похибки візування, відліку по горизонтальним кругом, центрування теодоліта, фіксування точки.

#### 2.4.1.1. Побудова проектного горизонтального кута з підвищеною точністю

- При одному положенні горизонтального круга теодоліта будують на місцевості кут  $\beta'_n$ , описаним вище способом, і відмічають точку  $C_0$  (рис.2.6)

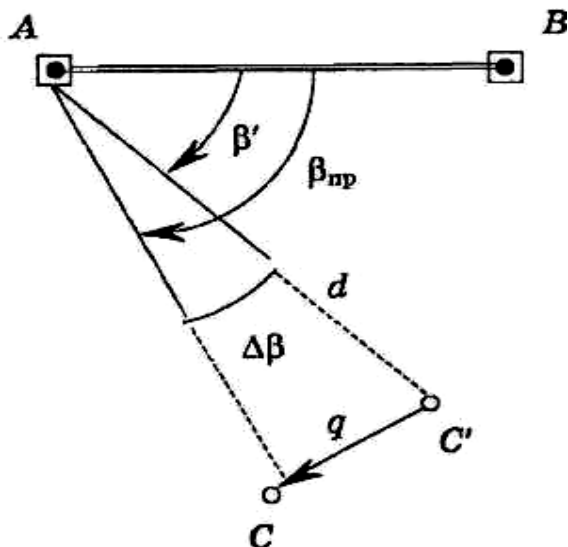


Рис. 2.6 - Побудова кута з підвищеною точністю

Підвищення точності досягається шляхом багаторазових вимірювань попередньо розміченого проектного кута  $\beta_0$ .

За результатами багаторазових вимірювань визначають, як арифметичне середнє, точне значення цього кута  $\beta_{to}$ .

- Обчислюють  $\Delta\beta = \beta_0 - \beta_{to}$ .

- Вимірюють відстань  $AC_0$  і обчислюють лінійну поправку

$$CC_0 = \Delta l; \quad \Delta l = l \Delta\beta / \rho.$$

- За перпендикуляром від лінії  $AC_0$  точку С переміщують на величину  $\Delta l$  у відповідний бік і визначають остаточний напрям АС. Точку С фіксують кілком.

При побудові проектного кута способом редукування його середня квадратична похибка:

$$m_{\beta i} = \sqrt{m_{\beta}^2 + m_{\Delta\beta}^2},$$

де похибка побудови кута:  $m_{\beta} = \sqrt{\left(m_I^2 + m_0^2\right)n + m_u^2 + m_p^2},$

похибка поправки  $\Delta\beta$ :  $m_{\Delta\beta} = m_l \rho / l,$

похибка відкладання відрізка -  $m_i$

#### 2.4.2. Побудова лінії заданої довжини

Лінію заданої довжини можна побудувати способом редукування. При цьому враховують, що довжина проектної лінії задається в горизонтальній проекції. Тому при побудові на місцевості, у значення довжини треба вводити поправку на ухил місцевості.

*Похідні дані:* Місцеположення початкової точки лінії, напрям та проектне значення довжини (Рис. 2.7).

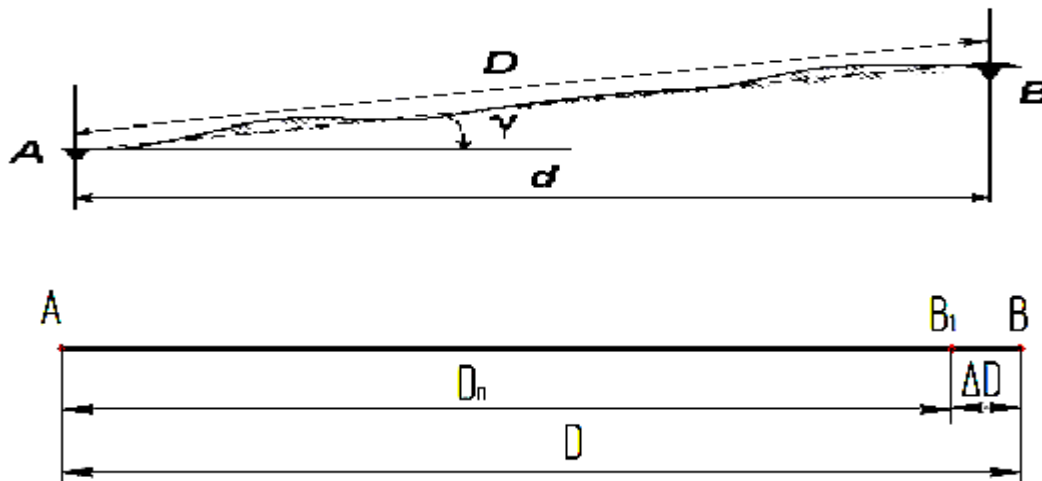


Рис. 2.7 - Побудова проектної лінії

#### Порядок виконання роботи

- Від початкової точки А в заданому напрямі АВ за допомогою рулетки відкладають *наближене* значення проектної відстані  $D_n$  і тимчасово фіксують кілком точку  $B_1$ .
- Теодолітом вимірюють кут нахилу між точками А та  $B_1$  і обчислюють перевищення  $h$ . Вимірюють температуру стрічки  $t_g$ .
- Обчислюють поправки до відкладеної на місцевості відстані:  
за компарування лінії, за температуру стрічки, за ухил лінії :

$$\Delta D_h = h^2 / 2D.$$

При кутах нахилу менше  $1^\circ$ , а точність побудови лінії заданої довжини не перевищує  $1 : 2000$ , то поправку за ухил не враховують.

- Сумарну поправку з протилежним знаком вводять у відстань  $AB_1$  - точку  $B_1$  зміщують на величину сумарної поправки і фіксують кілком точку В.

Середня квадратична похибка побудови в на натурі лінії заданої довжини:

$$m_p = \sqrt{(m_k^2 + m_c^2)D^2/l^2 + (m_t^2 + m_H^2 + m_h^2 + m_\phi^2)D/l}, \text{ мм}$$

де  $m_k$   $m_c$   $m_t$   $m_H$   $m_h$  - похибки за компарування, за укладання мірного приладу в створ, відхилення кінця мірного приладу від створу, за температуру мірної стрічки, за натяг та за на ухил стрічки мм

#### 2.4.3. Побудова точок з проектною висотою

При вертикальному плануванні, розробці котлованів та траншей, будівництві фундаментів споруд та трубопроводів, при встановленні колон і монтажі технологічного обладнання потрібно визначати на місцевості положення точок з проектною висотою. Проектні висоти переносять в натуру геометричним нівелюванням

Похідні дані: планове положення точки на місцевості та її проектна висота  $H_n$ , місцеположення репера і його висота  $H_R$  (рис.2.8).

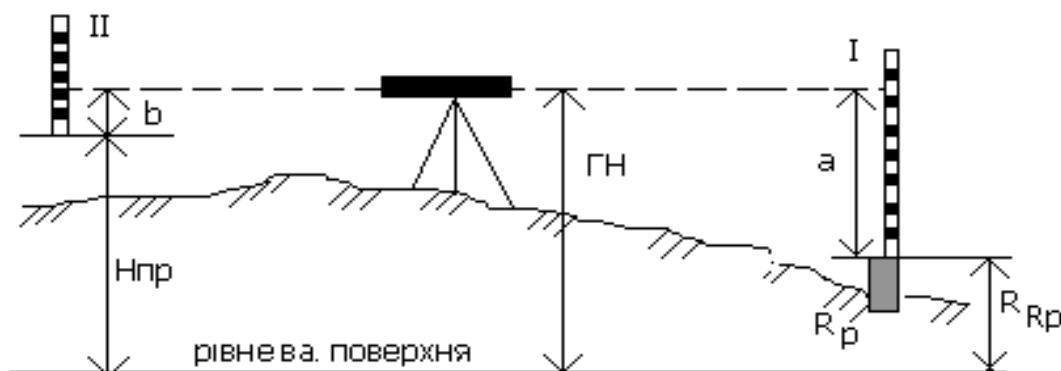


Рис. 2.8 - Перенесення на натуру проектної висоти

#### Порядок виконання роботи

- Нівелір встановлюють посередині між репером та місцем перенесення проектної висоти.

- Беруть відлік  $a$  по рейці, встановленій на репері, і обчислюють горизонт приладу:

$$ГП = H_R + a.$$

- Обчислюють по рейці відлік  $b$ , мм, при якому задана точка буде знаходитись на проектній висоті:  $b = ГП - H_n$ .

- Встановлюють рейку в шуканій точці і міняють положення її по вертикалі таким чином, щоб відлік по рейці дорівнював обчисленому значенню  $b$ .

Місцеположення нижньої точки рейки буде відповідати проектному положенню шуканої точки.

Рейку, в усіх випадках, необхідно ставити п'яткою з нуля на задану точку і на репер.

Середня квадратична похибка (СКП) перенесення на натуру проектної позначки точки, мм:

$$m_H = \sqrt{m_{R_p}^2 + m_a^2 + m_b^2 + m_i^2 + m_\phi^2},$$

де  $m_{R_p}$  - СКП висоти репера - 0,1 мм;

$m_a, m_b$  - СКП відліків і на репері та проектній точці;

$m_i$  - СКП перевищення, обумовлена непаралельністю візирної осі зорової труби нівеліра та осі циліндричного рівня;

$m_\phi$  - СКП фіксування проектної позначки кілком - 2мм.

Середні квадратичні похибки відліків по рейках, мм:

$$m_a = m_b = \sqrt{m_p^2 + m_{в.д.}^2 + m_n^2 + m_i^2 + m_{з.с.}^2},$$

де  $m_p, m_{в.д.}, m_n, m_{з.с.}$  - середні квадратичні похибки відліків, мм, відповідно, через неточне встановлення контактного рівня в нуль-пункті, неточне визначення частки поділки рейки, через похибки нанесення поділок рейки та вплив зовнішнього середовища:

## 2.5. Методи геодезичних розмічувальних робіт в плані

### 2.5.1. Прямі і зворотні геодезичні задачі

В основі всіх методів розмічувальних робіт лежить вирішення прямої, або зворотної геодезичної задачі та їх комбінацій

*Пряма геодезична задача*

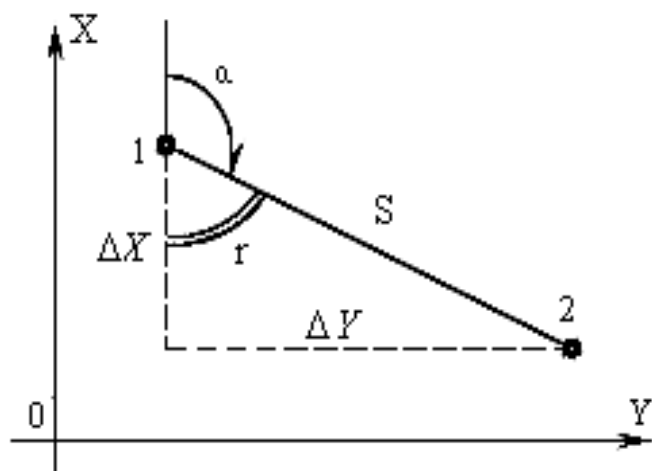


Рис. 2.9 - Схема до геодезичних задач

Початкові дані:

координати першого пункту  $x_1, y_1$ , дирекційний кут  $\alpha_{1-2}$  лінії 1-2 і довжина  $S_{1-2}$  лінії 1-2, яка сполучає початковий 1 і визначуваний 2 пункти.

Визначувані величини:

координати  $x_2, y_2$  другого пункту.

*Рішення прямої геодезичної задачі*

Координати другої точки визначають за формулами

$$X_2 = X_1 + S \cdot \cos \alpha,$$

$$Y_2 = Y_1 + S \cdot \sin \alpha.$$

*Зворотна геодезична задача (рис. 2.9).*

Початкові дані: два пункти з відомими координатами  $X_1, Y_1$  і  $X_2, Y_2$

Визначувані величини: дирекційний кут  $\alpha$  і довжина лінії  $s$ , що сполучає 1 і 2.

*Рішення зворотної геодезичної задачі*

Рішення зворотної геодезичної задачі має декілька варіантів, воно складніше, що пов'язане з особливостями використання тригонометричних функцій.

*Варіант 1*

Якщо  $\Delta X \neq 0$  і  $\Delta Y \neq 0$ , то трикутник розв'язується по формулах:

$$S = \sqrt{(\Delta X)^2 + (\Delta Y)^2}$$

$$\operatorname{tgr} = \left| \frac{\Delta Y}{\Delta X} \right|; \quad \text{і} \quad r = \operatorname{arctg} \left| \frac{\Delta Y}{\Delta X} \right|.$$

Порядок визначення дирекційного кута лінії:

- по знаках приростів координат  $\Delta X, \Delta Y$  визначити номер чверті;

- по формулах зв'язку дирекційних кутів і румбів відповідно до номера чверті обчислити дирекційний кут.

*Контролем правильності обчислень є виконання умов:*

$$\frac{\Delta X}{\cos \alpha} = \frac{\Delta Y}{\sin \alpha} = S.$$

Якщо  $\Delta X = 0$ , то  $S = |\Delta Y|$ ,  $\alpha = 90^\circ$  при  $\Delta Y > 0$ ;  $\alpha = 270^\circ$  при  $\Delta Y < 0$ .

Якщо  $\Delta Y = 0$ , то  $S = |\Delta X|$ ,  $\alpha = 0^\circ$  при  $\Delta X > 0$ ;  $\alpha = 180^\circ$  при  $\Delta X < 0$ .

*Варіант 2*

Використовується алгоритм, що виключає ділення на нуль при  $\Delta X = 0$ :

$$S = \sqrt{(\Delta X)^2 + (\Delta Y)^2},$$

$$r = \operatorname{arcCos} \left( \frac{\Delta X}{S} \right).$$

Якщо  $\Delta Y \geq 0$ , то  $\alpha = r$ ;

якщо  $\Delta Y < 0$ , то  $\alpha = 360^\circ - r$ .

### 2.5.2. Методи розмічування споруд в плані

Положення проектних точок на місцевості знаходять шляхом розмічування – побудови фізичних величин від точок і ліній геодезичної розмічувальної основи. Аналіз взаємного розташування на плані проектних точок і точок геодезичної розмічувальної основи дозволяє вибрати раціональні способи розмічування проектних точок.

**Метод полярних координат** – найбільш поширений.

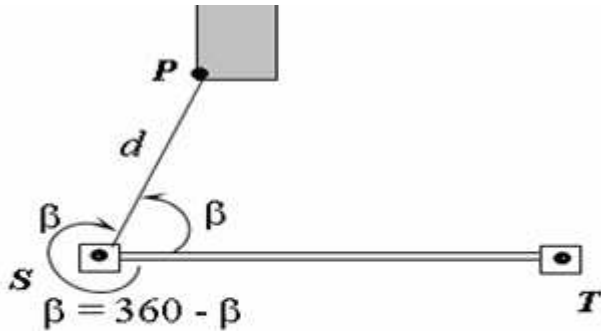


Рис.2.10 Метод полярних координат

Положення проектної точки  $P$  знаходять шляхом побудови полярного кута  $\beta$  в точці стояння  $S$  геодезичної основи від напрямку  $ST$  на точку орієнтування  $T$  геодезичної основи і потім – полярної відстані  $d$  (рис 2.10).

Розмічувальні елементи - полярні координати обчислюють в результаті розв'язання оберненої геодезичної задачі:

1. значення полярної відстані:

$$d_{SP} = \sqrt{(x_P - x_S)^2 + (y_P - y_S)^2};$$

2. дирекційний кут напрямку:  $\alpha_{SP} = \arctg \frac{y_P - y_S}{x_P - x_S}$ ,

3. полярний кут:  $\beta = \alpha_{SJ} - \alpha_{ST}$ .

За цими формулами обчислюють також значення фізичних величин кутової і лінійної засічок.

Похибка  $m_P$  положення точки  $P$  у способі полярних координат визначається із залежності:

$$m_P = \sqrt{d^2 \left( \frac{m_\beta}{\rho} \right)^2 + m_d^2},$$

де  $m_\beta$  – похибка побудови кута;  $m_d$  – похибка побудови довжини;  $\rho$  – радіан.

### 2.5.3. Метод прямокутних координат

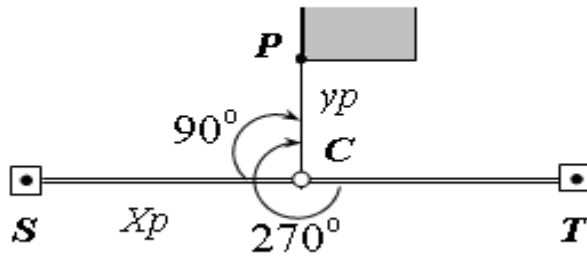


Рис. 2.11 - Метод прямокутних координат

Цей метод доцільно застосувати при ординатах менших 20 м від вихідної лінії  $ST$  геодезичної сітки (рис. 2.11).

Розмічувальні елементи – прирости прямокутних координат обчислюють за формулами перетворення координат при переході від однієї системи до другої, або після обчислення полярних координат за формулами:

$$\overline{x_P} = (x_P - x_S) \cos \alpha_{ST} - (y_P - y_S) \sin \alpha_{ST};$$

$$\overline{y_P} = (x_P - x_S) \sin \alpha_{ST} + (y_P - y_S) \cos \alpha_{ST}.$$

$$\overline{x_P} = d_{SP} \cdot \cos \beta_{TSJ};$$

$$\overline{y_P} = d_{SP} \cdot \sin \beta_{TSJ}.$$

Результати обчислень подають у відомості.

Похибку  $m_P$  положення точки  $P$  визначають із залежності

$$m_P = \sqrt{\left\{ \left( \frac{m_0}{\rho} \right)^2 \cdot \bar{x}^2 + m_{\frac{x}{x}}^2 \right\} + \left\{ \left( \frac{m_{90}}{\rho} \right)^2 \cdot \bar{y}^2 + m_{\frac{y}{y}}^2 \right\}}$$

де  $m_0$ ,  $m_{90}$  – похибки побудови кутів  $0^\circ$ ,  $90^\circ$  відповідно.

### 2.5.4. Метод кутових засічок

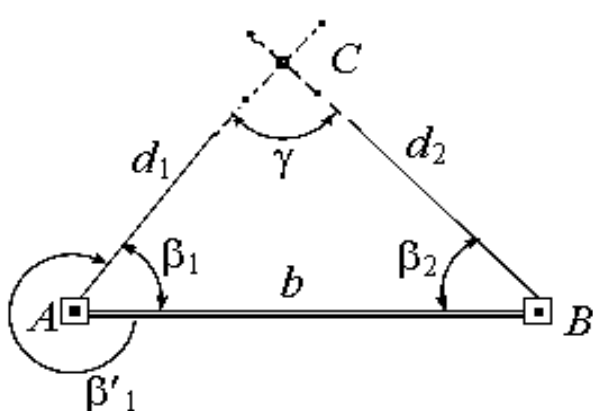


Рис. 2.12 - Метод кутових засічок

Застосовується, коли ускладнені лінійні вимірювання, а також при розмічуванні точок значно віддалених від опорних пунктів геодезичної мережі  $A$  і  $B$ , або коли безпосереднє вимірювання відстаней  $d_1$  і  $d_2$  утруднене.

У с пособі прямої кутової засічки одночасно використовують два теодоліти в точках  $A$  і  $B$  (рис. 2.12) Розмічувальні елементи - полярні координати обчислюють в результаті розв'язання оберненої геодезичної задачі.

Побудувавши полярні кути  $\beta_S$  в точці  $S$  і в точці  $T$ , знаходять положення точки  $P$  на перетині побудованих напрямків  $AC$  та  $BC$ .

Похибку положення точки  $P$   $m_P$  визначають із залежності

$$m_P = \frac{m_\beta}{\rho} \cdot \frac{\sqrt{d_{SP}^2 + d_{TP}^2}}{\sin \gamma},$$

де  $\gamma$  – кут засічки в точці  $P$ .

Задовільна похибка  $m_P$  досягається при  $40^\circ < \gamma < 140^\circ$ . У якості *вихідних* для розмічувальних робіт слід вибрати точки розмічувальної основи, які найближче розташовані до проектних точок. Для контролю і підвищення точності робіт треба передбачити в окремих випадках застосування надлишкового числа фізичних величин.

### 2.5.5. Метод лінійних засічок

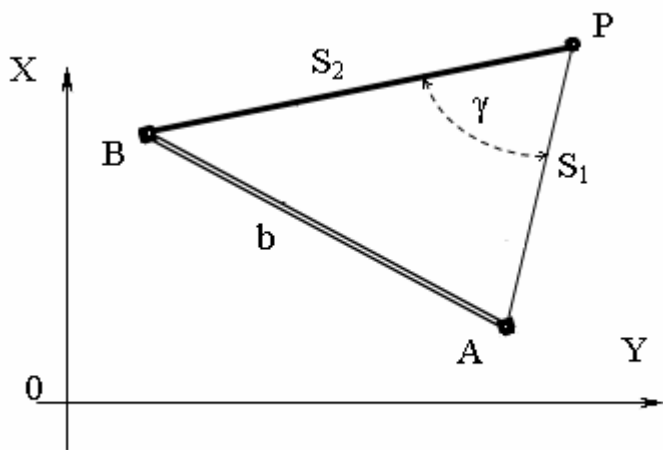


Рис. 2.13 - Лінійна засічка

Вихідні дані: координати точок геодезичної основи  $A$  і  $B$  і координати проектних точок  $P_j$ .

Вимірювані величини: відстані  $S_1$  і  $S_2$ , (відносна похибка вимірювання відстаней  $m_S/S = 1/T$ ).

Визначувані величини: координати  $X, Y$  точки  $P$ .

#### Рішення

- із трикутника  $ABP$  - по теоремі косинусів обчислити кути  $\beta_1$  і  $\beta_2$

$$S_2^2 = b^2 + S_1^2 - 2 \cdot b \cdot S_1 \cdot \cos \beta_1,$$

$$S_1^2 = b^2 + S_2^2 - 2 \cdot b \cdot S_2 \cdot \cos \beta_2;$$

- обчислити кут  $\gamma = 180^\circ - (\beta_1 + \beta_2)$ ;

- обчислити дирекційні кути сторін  $AP$  і  $BP$ :

Точка  $P$  праворуч від лінії  $AB$ :

$$\alpha_{AP} = \alpha_{AB} + \beta_1;$$

$$\alpha_{BP} = \alpha_{BA} - \beta_2.$$

Точка  $P$  ліворуч від лінії  $AB$ :

$$\alpha_{AP} = \alpha_{AB} - \beta_1;$$

$$\alpha_{BP} = \alpha_{BA} + \beta_2$$

Дирекційний кут  $\alpha_{AB}$  слід узяти рівним куту  $\alpha$  між точками  $A$  і  $B$  із рішення

зворотної геодезичної задачі;  $\alpha_{BA} = \alpha_{AB} \pm 180^\circ$ ;

- вирішити прямі геодезичні задачі:

а) з пункту  $A$  на точку  $P$ :



$$X = X_A + S_1 \cdot \cos \alpha_{A2},$$

$$Y = Y_A + S_1 \cdot \sin \alpha_{A2},$$

б) з пункту В на точку Р:

$$X = X_B + S_2 \cdot \cos \alpha_{B2},$$

$$Y = Y_B + S_2 \cdot \sin \alpha_{B2};$$

Обчислити похибку положення точки Р по формулі

$$M_P = \frac{\sqrt{m_{S_1}^2 + m_{S_2}^2}}{\sin \gamma}.$$

### 2.5.6. Метод зворотної лінійної засічки

У зворотній лінійній засічці початковими даними є координати пунктів 1(А) і 2(В); вимірюваними даними є відстані.

Визначувані дані - координати  $X_P, Y_P$  точки Р.

Порядок вирішення задачі

1. Із рішення зворотної геодезичної задачі визначити:

1.1. значення базису засічки - відстань  $b_1$  між настінними пунктами, до яких вимірювалися відстані  $S_1$  і  $S_2$ .

$$b_1 = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2}.$$

1.2. дирекційний кут базису засічки  $\alpha_{1-2}$ :

1.2.1. обчислюють румб базису:  $r_{1-2} = \arctan\left(\frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1}\right) = \arctan \frac{\Delta Y_{1-2}}{\Delta X_{1-2}};$

1.2.2. по знаках приростів координат  $\Delta X$  і  $\Delta Y$  визначають чверть, до якої відноситься румб, і обчислюють дирекційний кут, використовуючи залежність між дирекційними кутами і румбами.

2. Виконати рішення трикутників 12Р по формулах:

2.1. у трикутнику 12Р по теоремі косинусів обчислити кути  $\beta_1$  і  $\beta_2$ ,

$$\cos \beta_1 = \frac{(S_1^2 - S_2^2 + b^2)}{2bS_1}; \quad \cos \beta_2 = \frac{(S_2^2 - S_1^2 + b^2)}{2bS_2}.$$

2.2. обчислити кут  $\gamma$  цього ж трикутника  $\gamma = 180^\circ - (\beta_1 + \beta_2);$

2.3. обчислити дирекційні кути сторін 1Р і 2Р:

точка Р праворуч від лінії 1-2

$$\alpha_{1-p} = \alpha_{1-2} - \beta_1; \quad \alpha_{2-p} = \alpha_{2-1} - \beta_2$$

Р праворуч від лінії 1-2

$$\alpha_{1-p} = \alpha_{1-2} - \beta_1; \quad \alpha_{2-p} = \alpha_{2-1} + \beta_2$$

3. обчислити дирекційний кут на пряму 2-1  $\alpha_{2-1}:$

$$\alpha_{2-1} = \alpha_{1-2} \pm 180^\circ;$$

4. вирішити прямі геодезичні задачі:

а) з пункту 1 на точку Р:

$$X_{p1} = X_1 + S_1 \cdot \cos \alpha_{1-p}, \quad Y_{p1} = Y_1 + S_1 \cdot \sin \alpha_{1-p},$$

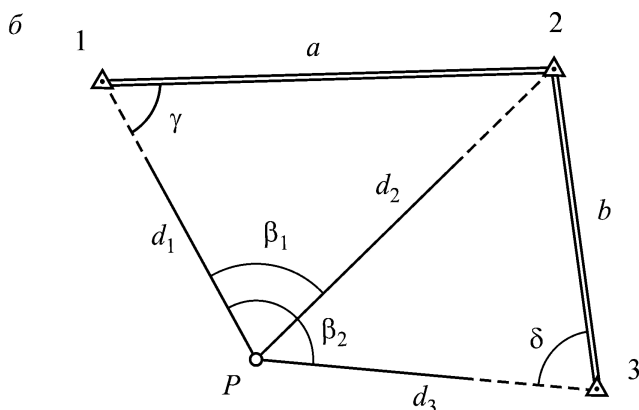
б) з пункту 2 на точку Р:

$$X_{p2} = X_2 + S_2 \cdot \cos \alpha_{2-p}, \quad Y_{p2} = Y_2 + S_2 \cdot \sin \alpha_{2-p};$$

5. Обчислити помилку положення точки Р по формулі:

$$M_P = \frac{\sqrt{m_{S_1}^2 + m_{S_2}^2}}{\sin \gamma}.$$

### 2.5.7. Розмічування точки зворотною кутовою засічкою



#### 1 Похідні дані.

$X_1; X_2; X_3; Y_1; Y_2; Y_3.$

Вимірювані параметри  $\beta_1, \beta_2.$

#### 2 Послідовність виконання роботи.

2.1 Обчислити координати пункту:

$$m = X_1 + (Y_1 - Y_2) \operatorname{ctg} \beta_1;$$

$$n = Y_1 + (X_2 - X_1) \operatorname{ctg} \beta_1;$$

Рис. 2.14 - Схема зворотної кутової

$$t = \frac{(Y_3 - Y_2) \cdot \operatorname{ctg} \beta_2 - X_3 + m}{(X_3 - X_2) \operatorname{ctg} \beta_2 + Y_3 - n};$$

$$d = \frac{m - X_2 + (n - Y_2) \cdot t}{1 + t^2}.$$

$$X_k = X_2 + d;$$

$$Y_k = Y_2 + d \cdot t;$$

де  $X_1, Y_1, X_2, Y_2, X_3, Y_3$  - координати початкових пунктів, нумерація яких повинна зростати по ходу годинникової стрілки щодо пункту, координати якого визначаються;  $\beta_1, \beta_2$  - виміряні кути.

2.2. Середню квадратичну похибку визначення положення точки К зворотною кутовою засічкою визначають за формулою :

$$m_P = \frac{m_\beta}{\rho \cdot \sin(\gamma + \delta)} \sqrt{\left(\frac{d_1 \cdot d_2}{a}\right)^2 + \left(\frac{d_2 \cdot d_3}{b}\right)^2}.$$

де  $m_\beta$  - середня квадратична похибка вимірювання кутів теодолітом.

### 2.5.8. Розмічування точки у створі

Знаходження положення точки у заданому створі є дуже поширеною задачею у будівництві в умовах, що виключають можливість постановки теодоліта над осьовими знаками, або за відсутності видимості безпосередньо між ними.

Теодоліт встановлюється в деякій допоміжній точці  $P_0$ , розташованій приблизно в створі 1-2 (рис. 1) і одним прийомом вимірюється кут  $\beta_i$  між напрямками на кінцеві осьові знаки

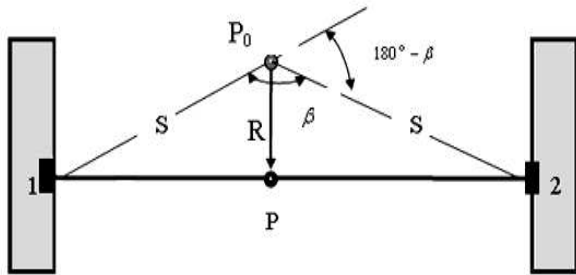


Рис. 2.15 - Визначення положення точки встановленням у створ

Похідні дані: координати пунктів геодезичної основи:  $X_1, Y_1, X_2, Y_2$ ; координати точки  $P$ -  $X_p, Y_p$ .

Вимірювані величини: кут нестворності  $\beta$  та відстані  $S$ .

Визначувані величини: координати допоміжної точки  $X_0, Y_0$ , редукції  $R_i$

Послідовність виконання роботи:

- обчислюється *перше* значення  $R_i$ - зсуву допоміжної точки  $P_0$  від створу 1-2 по формулі:

$$R_i = \frac{S_1 \cdot S_2}{(S_1 + S_2)} \frac{(180^\circ - \beta_i)}{\rho},$$

де  $\rho$ - радіан в секундах = 206265,  $s_1$  і  $s_2$ - відстані між проміжною точкою  $P$  і кінцевими осьовими знаками ( визначається з невисокою точністю)

- відкладають відрізок  $R_1$  і знаходять положення точки  $P_1$  створу у першому наближенні.
- у точці  $P_1$  вимірюється кут  $\beta_2$  з необхідною точністю
- знову обчислюється зсув  $R_2$ .
- переміщенням теодоліта на головці штатива знаходиться і закріплюється остаточне положення точки створу  $P_2$ .

*Контроль* здійснюється вимірюванням кута  $\beta_{kin}$  в точці  $P_2$  п прийомами.

Його величина не повинна перевищувати точність вимірювання кутів

Середня квадратична похибка установки приладу в створ розмічувальної осі обчислюється по формулі:

$$m_{cmb} = \sqrt{\left[ \frac{m_\beta \cdot S_1 \cdot S_2}{\rho \cdot (S_1 + S_2)} \right]^2 + m_u^2 + m_p^2 + m_\phi^2},$$

де  $m_\beta, m_u, m_p, m_\phi$ - середні квадратичні похибки вимірювання кута  $\beta$ ,

центрування, редукції та фіксації.

Для підвищення точності визначення положення точки в створі добиваються зменшення  $m\beta$ , застосовуючи теодоліт вищої точності або збільшуючи число прийомів вимірювання кута.

## 2.6. Методи розмічування споруд по висоті

Дані про розміщення елементів споруди по висоті наводяться на розрізах

*Розрізи* виконують вертикальною січною площиною, що проходить упоперек (поперечний розріз) або уздовж будівлі (подовжній розріз). Положення січної площини і напрям погляду вибирають з розрахунку отримання максимальної інформації про форму, конструктивні особливості і висотні розміри елементів будівлі. Січна площина повинна проходити по віконних і дверних отворах, по сходах.

Розріз будівлі дає можливість виявити висоту всієї будівлі, кількість і висоту окремих поверхів, взаємне розташування окремих елементів будівлі у вертикальному напрямі і їх розміри - висоту підвіконь, висоту віконних і дверних отворів, товщину перекриттів, висотні розміри сходів і т.д.

Для спрощення проектування і зведення споруд відстані по висоті (вертикалі) розраховують в *умовній системі висот*. За початок відліку беруть *нульовий горизонт*. Нульовим горизонтом є проектний рівень частини споруди, від якого ведуть відлік висот усіх її елементів.

Як правило, за нульовий горизонт беруть позначку чистої підлоги першого поверху споруди, позначку головки рейки залізничної колії, розміщеної на осі головного будинку станції, рівень планування та ін.

Висотні розмічування споруд виконують в два етапи.

*Попередні роботи* полягають в установці поблизу споруди робочих нівелірних знаків (будівельних реперів) і визначенні їх висот.

*Детальне розмічування* споруди ведуть від будівельних реперів. Його можна виконувати в умовній системі висот. При зведенні житлових будівель за *будівельний нуль* приймають відмітку чистої підлоги першого поверху будівлі. Якщо будівельний нуль закріплений на місцевості спеціальним знаком, то подальше детальне розмічування виконують від цієї мітки.

Норми точності розмічувальних робіт регламентуються будівельними нормами і правилами.

### 2.6.1. Побудова на місцевості лінії із заданим ухилом

а) *Побудова лінії заданого ухилу нахиленим нівеліром*

На місцевості від точки з висотою необхідно розмітити напрям із заданим ухилом (рис. 2.16).

Для вирішення задачі між точками  $A$  і  $B$  ставлять нівелір так, щоб два його піднімальні гвинти були паралельними заданому напрямку. Від

Проектну висоту обчислюють за формулою:

В результаті візирна лінія буде паралельною лінії із заданим укладом  $i$ . Проміжні точки лінії визначають установленням рейки в точках 1,2 ... і одержанням на них відліку  $s$

Розміщують теодоліт у точці  $I$ , яка встановлена на проектну позначку

Нпр, вимірюють його висоту  $i$  та обчислюють кут  $\nu$ , відповідний заданому ухилу. Кут  $\nu$  установлюють на вертикальному крузі з урахуванням місця нуля, а потім переміщують рейку по вертикалі на другому кінці лінії, поки відлік на рейці не стане рівним  $a$ , і фіксують п'ятку рейки. Таким же чином визначають положення проміжних точок лінії (рис. 2.17).

в) *Перенесення в натуру лінії за допомогою візирок*

Перенесення в натуру лінії заданого ухилу меншою точністю можна, за допомогою трьох візирок (рис.2.18 )

Для цього ставлять опорні візирки в точках  $A$  і  $B$ , а ходову (проміжну) переміщують на точку  $C$  так, щоб її верхній зріз  $C^1$  був на лінії візування  $A^1B^1$ .

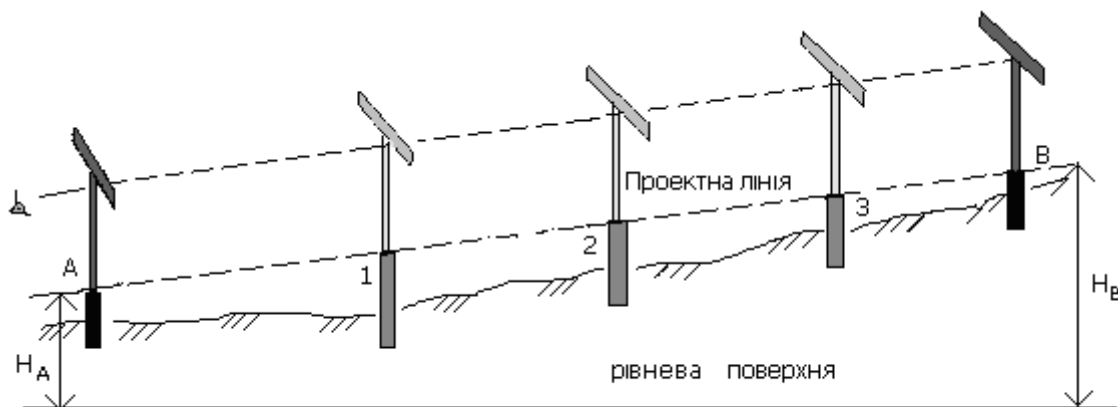


Рис. 2.18 - Використання візирок для побудови лінії із заданим ухилом

## 2.7. Геодезичні роботи при зведенні будинків і споруд

### 2.7.1. Завдання геодезичної служби

При будівництві будівель і споруд розрізняють три цикли робіт: підготовчий, нульовий і надземний.

У підготовчому циклі виконують первинні розмічувальні роботи, проводять інженерну підготовку території будівництва - виконують планування і розчищають ділянку, влаштовують водостоки, споруджують дороги, тимчасові огорожі, будують тимчасові допоміжні споруди,

У підготовчий період будівництва, після винесення і закріплення осей споруди, на місцевості розбивають контур котловану і за його межами зводять суцільну або секційну обноску (її можна не зводити при будівництві типових будівель з несучими колонами, якщо вісь кожного ряду колон закріплена знаками створів). На обноску фіксують осі споруди, і надалі вона служить для детального розмічування. Після закінчення цих робіт складають виконавче креслення закріплення осей, на якому показують взаємне розташування осей зі всіма розмірами, знаки закріплення і початкові пункти, використані при розмічуванні.

### 2.7.2. Побудова обноски і винесення на обноску осей

Для виконання в майбутньому детальної розбивки паралельно контуру споруди на відстані 4-5 м від нього споруджують *будівельну обноску* у вигляді обструганих дощок, закріплених на стовпах у строго горизонтальному положенні. Зорову трубу встановленого над точкою I приладу направляють на точку II і фіксують олівцем положення центра сітки ниток на верхнім обрізі дошки (осьова риска I). Переводячи трубу через зеніт, помічають точку  $i^1$  на протилежному боці обноски. Поздовжню вісь 1-1 переносять на обноску послідовним візуванням на точку IV і в протилежному напрямі /риски Д' і ДУ. Таким же прийомом фіксують на обносці з точок II, III і IV решту осей споруди, після цього фактичні відстані між осями вимірюють сталевую рулеткою з введенням поправок на компарування і температуру в результати вимірювань.

Після основних осей розбивають проміжні осі, відкладаючи указані на розмічувальному кресленні міжосьові інтервали в поздовжньому і - поперечному напрямках. Якщо відстань між створними точками 20-30 м, побудову створів виконують за допомогою монтажного дроту, який протягують у двох взаємно перпендикулярних напрямках

Остаточне положення кожної з осей закріплюють цвяхами і позначають фарбою з вказівкою номера осі.

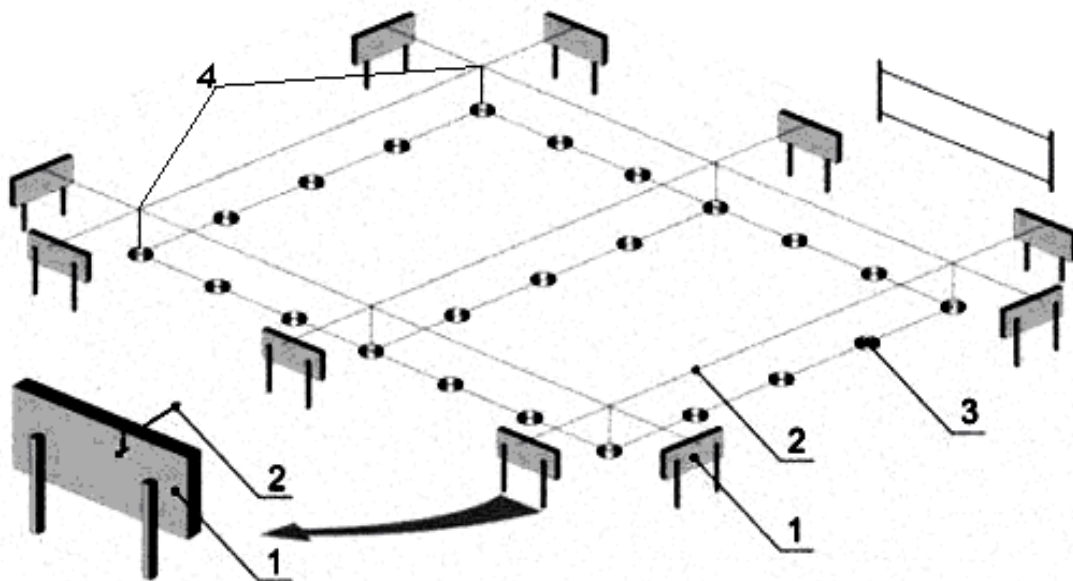


Рис. 2.19 - Влаштування і використання обноски: 1 - горизонтальні планки на стовпах; 2 - осьові дроти; 3 - опори фундаментів; 4 - виски для проектування перетинів осей

*Перенесення осей споруди на обноску*

Розмічування і закріплення осей споруд

На розмічувальному кресленні (рис. 2.20) зображена частина будівельної

сітки, від сторін якої №10-11 і № 11-21 необхідно перенести в натуру основні осі споруди прямокутної форми I-II- III-IV.

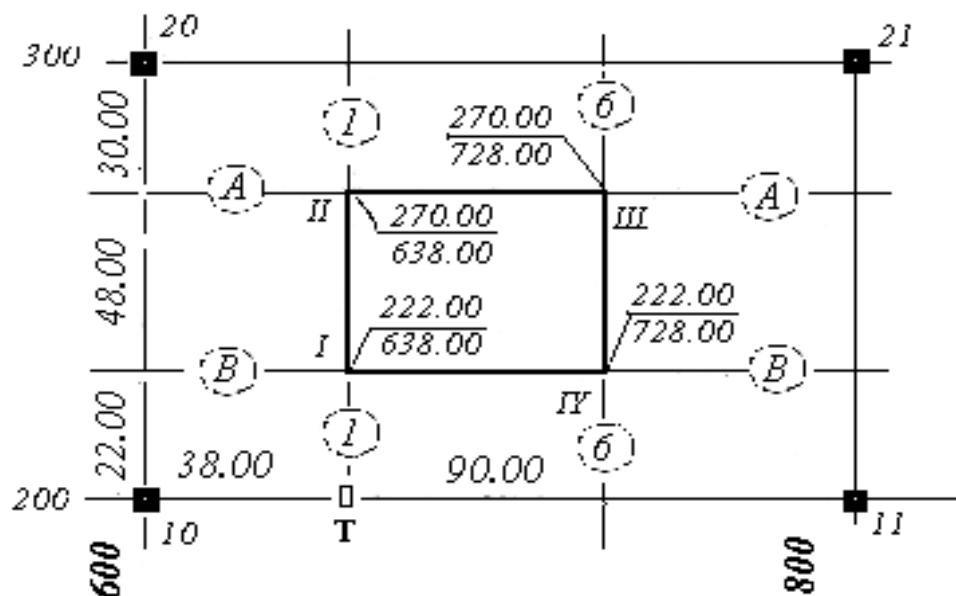


Рис. 2.20 - Розмічування осей споруди від будівельної сітки

Початковими даними для розмічування є координати точок, які фіксують положення осей, і обчислені відстані між цими точками і вершинами сітки.

Установлюють теодоліт на пункті № 10, наводять зорову трубу на пункт № 11 і відкладають відстань  $\Delta y = 38,00$  м. У закріплену тимчасовим знаком точку  $T$  переносять теодоліт і при двох положеннях вертикального круга *будують прямий кут*, вздовж перпендикуляра відкладають відрізок  $\Delta x = 22,00$  м, одержують точку  $I$  і закріплюють її тимчасовим знаком. По створу  $T-I$  відкладають проектну ширину споруди  $48,00$  м і визначають таким чином положення точки  $II$ .

Аналогічно розбивають і закріплюють точки  $III$  і  $IV$ . Розбивку осей перепроверяють прив'язкою точок  $II$  і  $III$  до відповідних пунктів № 20 і № 21, а також контрольними вимірюваннями діагоналей  $I-III$ ,  $II-IV$  і прямих кутів між осями.

Для зберігання осей на період будівництва кожен з них закріплюють знаками за зоною земляних робіт з таким розрахунком, щоб забезпечити можливість перенесення осей на верхні яруси споруди.

У нульовий цикл входить комплекс робіт по спорудженню частини будівлі до першого поверху: розробка котлованів і траншей, установка підкранових рейок, монтаж кранів, зведення фундаментів і стін підвального поверху, монтаж підвального перекриття, влаштування долівок, сходів тощо.





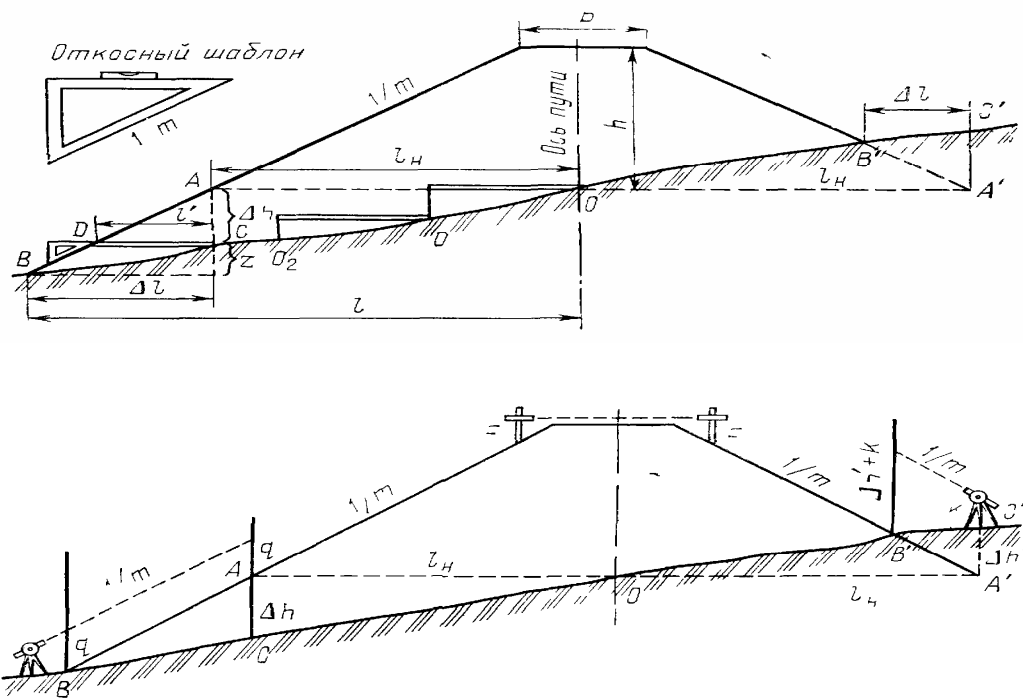


Рис. 2.24 - Розмічування насипу на косогорі ; розмічування

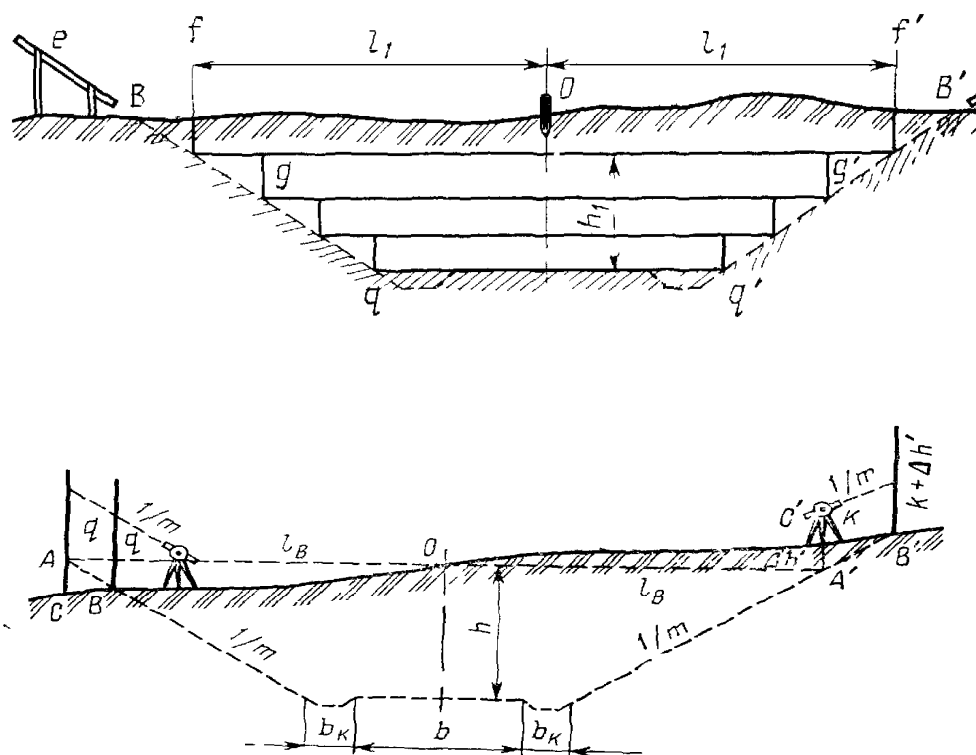


Рис. 2.25 - Розмічувальні роботи при розробці виїмки

*б) Геодезичні роботи при влаштуванні котлованів локальних споруд*

В процесі виконання земляних робіт геодезичними методами здійснюється контроль за виїмкою землі і зачисткою котловану або траншеї до заданої проектною відмітки. Одночасно поблизу котловану роблять геодезичне розмічування для установки підкранових колій, контролюють укладання шпал, рейок, а потім горизонтальність і прямолінійність колій.

На цьому етапі будівництва основне геодезичне завдання - це розмічування від основних осей контуру котловану згідно з розмічувальним кресленням, яке визначає форму та розміри котловану.

Для цього за винесеними на обноску рисками основних осей натягують дріт, у місцях перетину дротів опускають виски та закріплюють їх проекції кілками. Щоб розмітити верхню бровку котловану від його нижнього контуру відкладають перпендикулярно до осей відстані  $d$ , обчислені за формулою:

$$d = m(H_1 + H_0 + i \cdot l) / (1 + m),$$

де  $m$  - коефіцієнт схилу котловану;  $H_1$  - висота репера;

$H_0$  - проектна висота дна котловану; ухил  $i = (H_1 - H_2) / S$ ;

$H_2$  - висота землі по зовнішньому контуру споруди;

$S$  - відстань від зовнішнього контуру будівлі до репера;

$l$  - горизонтальна відстань від репера до бровки дна котловану.

До початку виїмки землі площу котловану нівелюють, установлюючи рейки в точках перетину поздовжніх і поперечних осей.

За даними щоденного нівелювання складають поперечники вздовж кожної з поперечних осей і обчислюють поточні об'єми земляних робіт.

Якщо глибина котловану не перевищує 2 м, нівелювання виконують з його брівки. При більшій глибині котловану на його дні закладають репер і передають на нього висоту від нівелірної мережі. Щоденний контроль об'ємів земляних робіт повинен забезпечити недобір виїмки землі на 10-20 см у порівнянні з проектною позначкою. Залишений шар землі вибирають перед укладанням фундаменту.

Для стрічкових фундаментів бровку траншеї також розмічують від основних осей будови з передбаченим проектом запасом по ширині для установки опалубки.

Під стовпчаті фундаменти розмічування контуру котловану виконується від центрів фундаментів, розміщення яких визначається промірами по створу основних осей споруди.

Після виймання землі до проектною позначки на дні котловану, вдруге розмічують його контур.

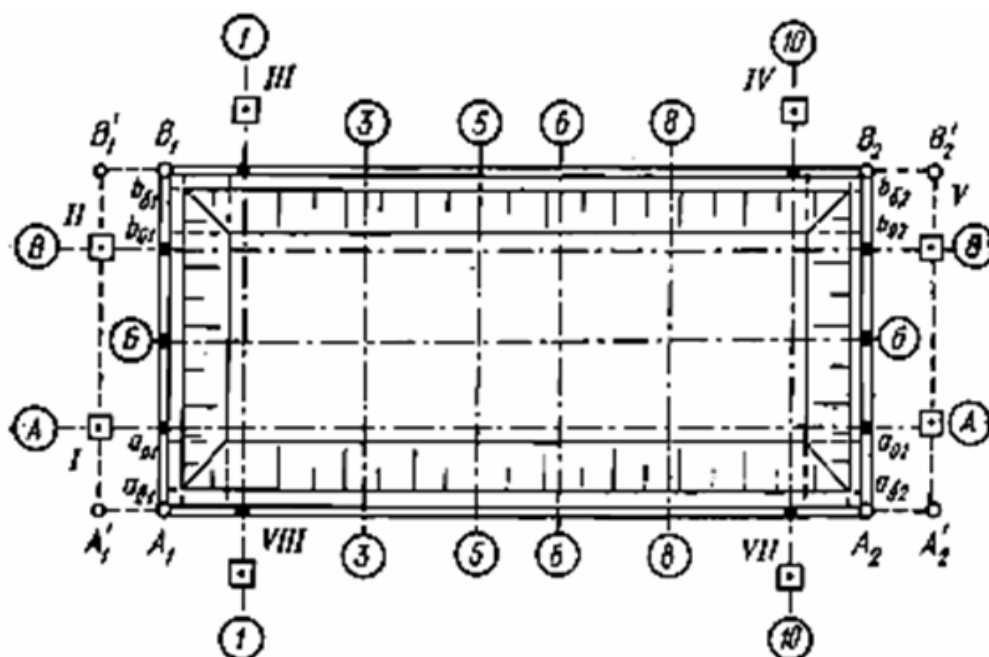


Рис. 2.26 - Детальне розмічування осей будівлі на обносці і в котловані

Для перенесення в натуру позначки дна глибокого котловану (рис.2.27) на укосину підвішують рулетку, на репер установлюють рейку і по нівеліру беруть відліки  $a$  і  $b$ .

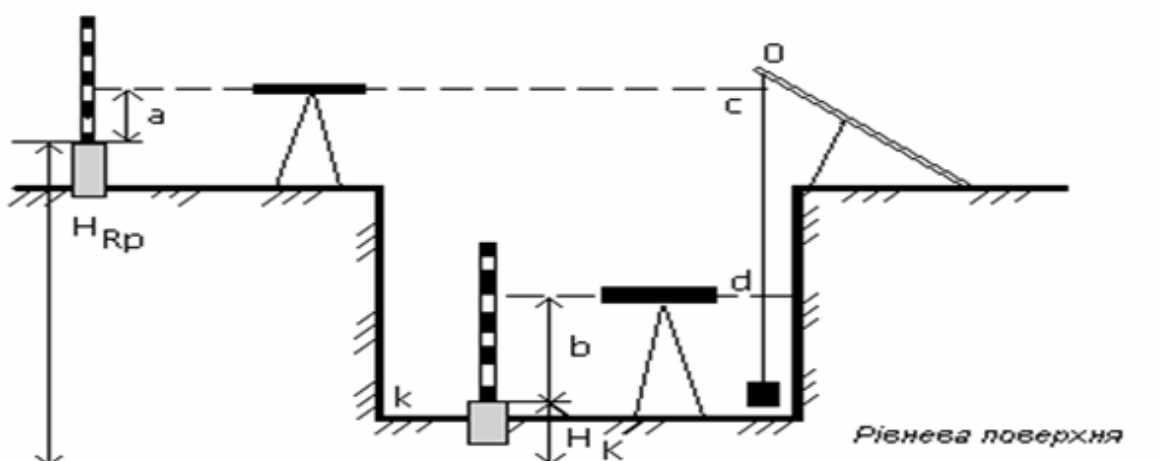


Рис. 2.27 - Перенесення на натуру проектної позначки на дно глибокого котловану

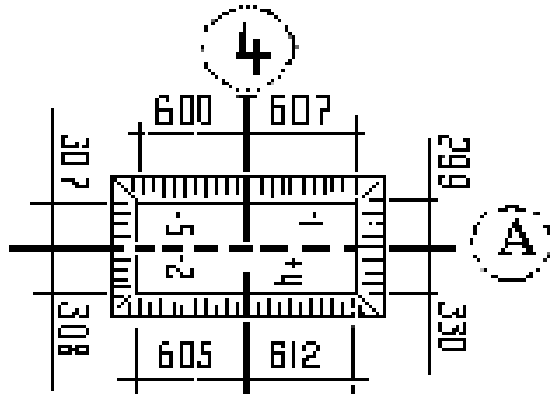
Потім рейку установлюють на точку в котловані, нівелір переносять в котлован і беруть відліки  $c$  і  $d$ .

Згідно з рисунком необхідний відлік:

$$d = H_{Rp} + a - (b + c) - H_k$$

Для контролю вимірювання повторюють.

Виконавче знімання котловану здійснюють проміром сталевую рулеткою від розмічувальних осей до його бровок і нівелюванням дна.



За результатами знімання складають виконавчу схему котловану.

Рис. 2.28 - Виконавча схема котловану

#### 2.7.4. Геодезичні роботи при зведенні фундаментів

Геодезичні роботи полягають в перенесенні на дно котловану осей споруди, контролі за установкою опалубки або фундаментних блоків в плані і по висоті, складанні виконавчих креслень закладених фундаментів.

Після завершення робіт нульового циклу на зовнішню грань стін виносять відмітку «будівельного нуля» і базові розмічувальні осі.

Склад і точність геодезичних робіт визначають типом фундаменту.

1. Перед монтажем збірних фундаментів на їх блоках монтажними (установочними) рисками позначають положення осей.

2. Для укладки блоків уздовж поздовжньої осі між її рисками на обносці натягують сталеві струни (дроти), на які закріплюють виски.

3. Переміщуючи на дні котловану кутові і маячні блоки, домагаються суміщення висків з осьовими рисками блоків.

4. Натягнувши потім по гранях укладених блоків струну-причалку, укладають по ній проміжні блоки.

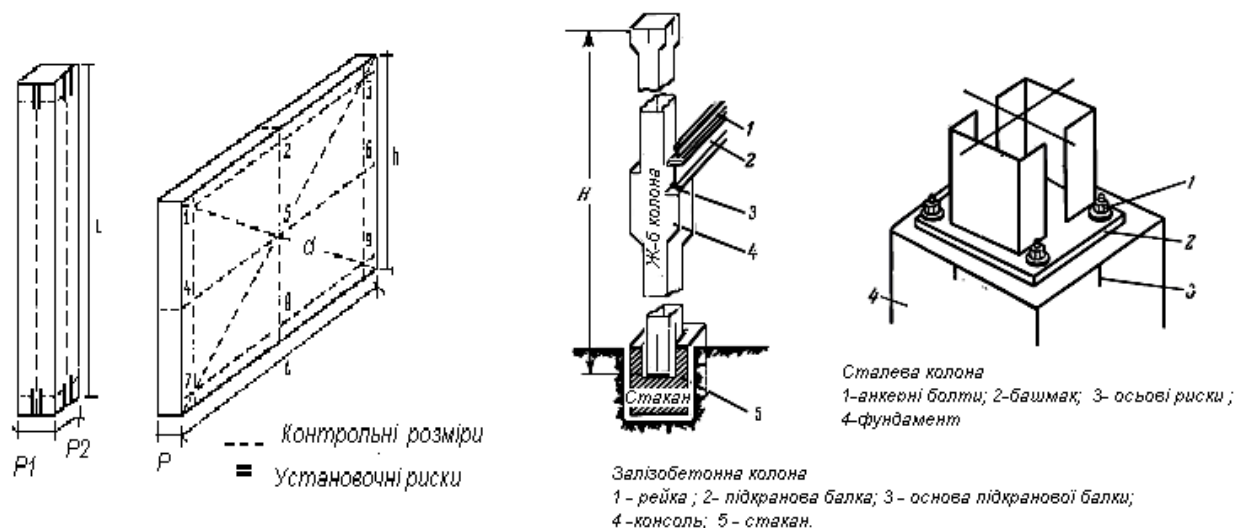


Рис. 2.29 - Контроль геометричних параметрів і позначення осей

Правильність монтажу фундаментних блоків по висоті контролюють геометричним нівелюванням.

Потім натягують струни за поперечними осями котловану і за виском монтують блоки в поперечному напрямі.

Якщо довжина споруди більше 50 м, розмічування осей блоків виконують за допомогою теодоліта, який встановлюють над створним знаком осі і направляють трубу на протилежний створний знак або відповідну виноску осі на обносці. Блоки переміщують відносно створу візирної осі труби до того часу, поки вертикальна нитка сітки не буде збігатися з установочною рисою блока. Укладений перший ряд блоків нівелюють, якщо відхилення позначок їх верхньої опорної поверхні від проектних на перевищують 10 мм, їх ураховують при влаштуванні горизонтального шва (постілі) для блоків наступного ряду.

Після закінчення монтажу фундаментних блоків вивіряють їх положення як в плані, так і по висоті. На виконавчій схемі фундаменту показують зміщення блоків з осей і відхилення фактичних позначок блоків від проектних.

На рис. 2.30 стрілками показано напрями зсувів. Цифрами і знаком-відхилення від проектної висоти.

Подібним чином виконують розмічування пальового поля, яке споруджується під фундаментами у котлованах з слабкими ґрунтами, що складаються із забитих у ґрунт окремих паль.

Центри осьових паль намічають теодолітом із закріплених осей на бровці котловану, відкладаючи сталеву рулеткою проектні відстані. Інші палі розбивають перпендикулярними промірами в обидва боки від осі.

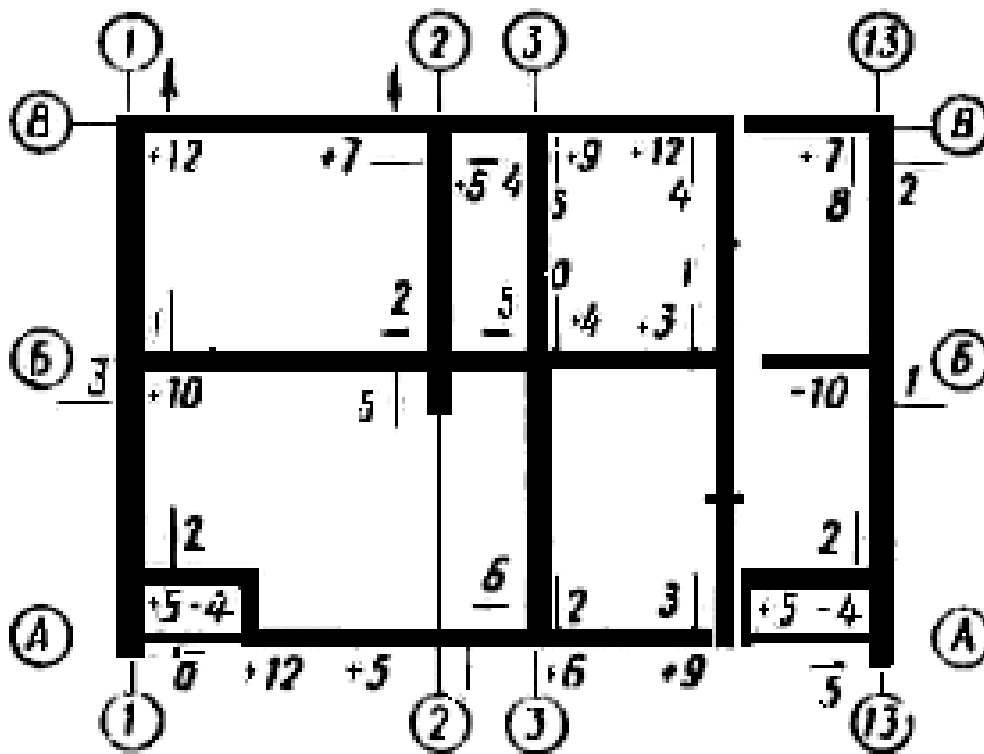


Рис. 2.30 - Виконавча схема положення блоків підвальної частини

При виготовленні фундаментів з монолітного бетону або залізобетону спочатку встановлюють опалубку, контур якої розбивають від основних осей споруди, що винесені на обноску. Внутрішня частина опалубки не повинна відхилятися від проекту на 5-10мм. Вертикальність щитів опалубки перевіряють за виском, відхилення від вертикалі більше 5 мм на 1 м висоти опалубки не допускається. По висоті опалубку встановлюють нівелюванням від репера з точністю 3-4 мм,

На стінки опалубки наносять риси розмічувальних осей, а також позначки верху кладки бетону, закріплюючи їх цвяхами або зарубками.

Якщо розмічують фундаменти під сталеві колони, особливу увагу приділяють горизонтальності опорної поверхні фундаменту і відповідності її позначки проектній. Висока точність розбивки і осей фундаментів у плані диктується необхідністю установки анкерних болтів, які скріплюють колону з фундаментом в проектне положення з похибкою не більше 5 мм.

За допомогою теодоліта, встановленого на одному із створних знаків, поздовжні і поперечні осі колон виносять на опалубку.

Для розмічувальних робіт використовують пристрої, які дозволяють підвищити точність та поліпшити умови виконання розмічувальних робіт.

Установка анкерних пристроїв (болтів), що служать для закріплення металоконструкцій і устаткування, вимагає високої точності розмічування як в плані, так і по висоті.

*Монтажний кондуктор* - шаблон, виготовлений для полегшення роботи

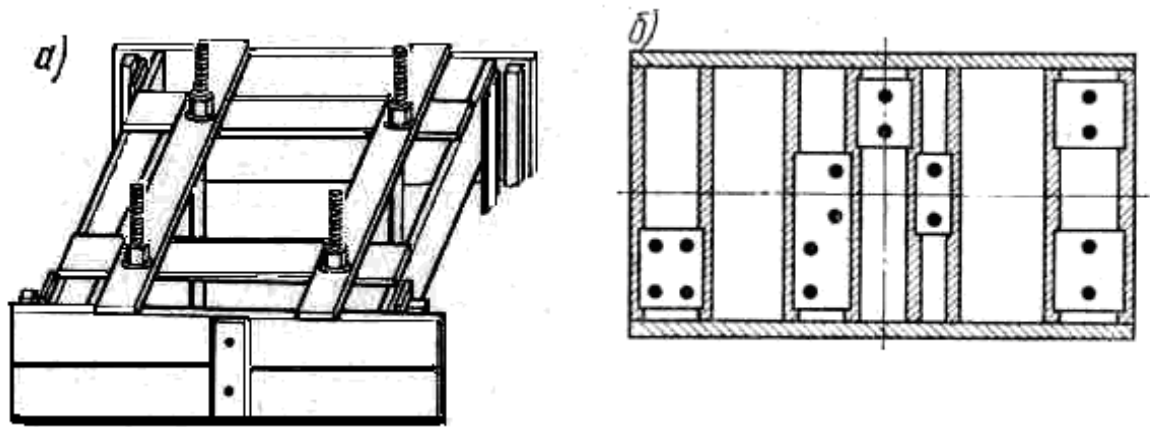


Рис. 2.31- Монтажний кондуктор: а - загальний вигляд; б - план;

на кожен типову групу анкерних болтів. Установка кондуктора складається із суміщення рисок  $X-X'$ ,  $Y-Y'$  з відповідними мітками на обносці і в підніманні або опусканні болтів до проектної позначки.

Застосування кондукторів значною мірою прискорює і підвищує точність установки анкерних пристроїв.

Вивірка анкерних болтів ще до бетонування: за допомогою виски і сталеві рулетки від струн фіксують основні осі, вимірюють відстані до центрів болтів і перевіряють правильність їх взаємного розміщення, позначки верхів болтів визначають нівелюванням. Результати вивірки виписують на виконавчу схему.

Повторне визначення положення анкерних болтів виконують після бетонування фундаментів.

Методика розмічування фундаментів стаканів під залізобетонні колони аналогічна.

У надземний цикл входять зведення зовнішніх і внутрішніх стін будівлі, установка колон, ригелів і інших будівельних конструкцій, монтаж перекриттів, установка покрівлі і т.п.

**На всіх етапах зведення споруди будівельні роботи супроводжуються контрольними геодезичними вимірюваннями.**

#### **2.7.5. Геодезична підготовка монтажних горизонтів**

##### *Проектування осей на монтажні горизонти*

Для встановлення будівельних конструкцій в проектне положення необхідна опорна мережа на початковому горизонті: блоках фундаментів, бетонній підготовці або перекритті підвалу.



По мірі зведення споруди пункти цієї мережі проектують на опорні площадки несучих конструкцій, які називають монтажними горизонтами. Побудову опорної розмічувальної мережі на початковому горизонті починають з перенесення основних осей зі створних знаків на зовнішні і внутрішні грані цоколя споруди.

Осі виносять за допомогою теодоліта і закріплюють на цоколі рисками. Правильність перенесення осей контролюють промірами між осьовими рисками.

Від ближнього репера на цоколь виносять проектну позначку чистої підлоги першого поверху, яку називають нульовою позначкою (*будівельний нуль*), від неї потім виконують розмічування елементів конструкцій і обладнання по висоті.

У збірному будівництві широко застосовують два способи передачі осей по вертикалі: похилого проектування теодолітом та вертикального візування спеціальними зеніт-приладами.

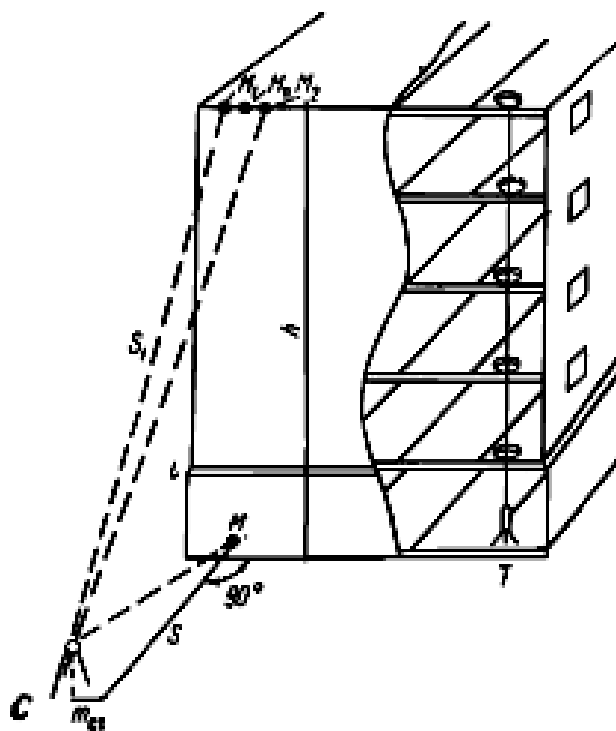


Рис. 2.32 - Проектування осей на монтажні горизонти теодолітом

1. У разі проектування теодолітом:

- прилад центрують над створною точкою (рис.2.32) і наводять вертикальну нитку сітки зорової труби на осьову риску, відмічену на цоколі споруди.

- при КП трубу піднімають до рівня монтажного горизонту і, вводять у створ її візирної осі вістря олівця, перекреслюють на перекритті риску  $M_1$ .

- при КЛ повторюють операцію при іншому положенні вертикального круга, відмічають іншу риску  $M_2$ .

Посередині між ними прокреслюють риску  $M_0$ , яка і визначає положення одного кінця розмічувальної осі на монтажному горизонті.

Цей спосіб проектування застосовують для передачі осей на висоту до 12 поверхів. Для підвищення точності теодолітів, їх обладнують накладними рівнями і проектувальною насадкою, що дозволяє надавати трубі більші кути нахилу.

Середня квадратична похибка проектування точки  $a_0$  обчислюється за формулою: 
$$m = \sqrt{(0.5h\tau/\rho)^2 + (20d/\rho V)^2 + m_{\phi}^2},$$

де:  $h$  - висота монтажного горизонту;  
 $d$  - відстань від теодоліта до проектованої точки;  
 $\tau$  - ціна поділки циліндричного рівня на алідаді горизонтального круга;  
 $V$  - збільшення зорової труби;  
 $m_{\phi}$  середня квадратична похибка фіксації точки на перекритті.

Широке застосування для вертикального візування має автоматичний прецизійний зеніт-центром *PZJ*, або прилад вертикального проектування FG-L100 (рис. 2.33).

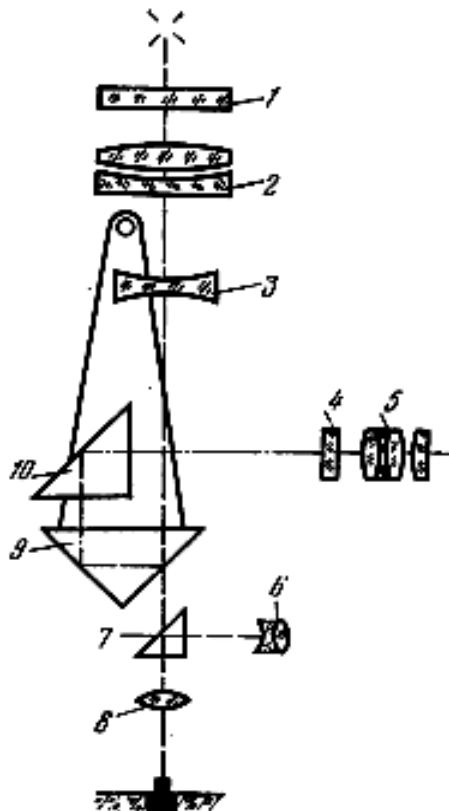


Рис. 2.33 - Прилад вертикального проектування

Його візирна вісь автоматично встановлюється в прямовисне положення компенсатором з точністю  $0,5'$ . Прилад центрується над початковою точкою осі з похибкою не більш  $0,5$  мм. Відліки на горизонтальному крузі з ціною поділки  $10^1$  виконують через окуляр по індексу штрихового мікроскопа.

Вертикальне візування зеніт-центром *PZJ* виконують так:

- на базовій точці спостерігач установлює прилад, а його помічник закріплює над створом у перекритті монтажного горизонту пластину з оргскла.
- сумістивши з нулем лімба індекс штрихового мікроскопа і дивлячись в окуляр, спостерігач стежить за голкою, яку переміщує помічник по пластинці.

- у момент співпадіння зображення голки з центром сітки ниток спостерігач по телефону подає команду помічнику, який наносить проекцію центру базового знака на пластинку.
- проектування повторюють тричі при відліках, на лімбі 90, 180, 270°. На пластинці відмічають ще три точки, створюють з першою правильний чотирикутник, геометричний центр якого приймають за проекцію базового знака і переносять на перекриття монтажного горизонту.

Середню квадратичну похибку проектування точок цим способом обчислюють за формулою:

$$m = \sqrt{(0.5h / \rho)^2 + (20d / \rho V)^2 + m_y^2 + m_{\phi}^2}$$

#### *Передача висот на монтажні горизонти*

Висоти на верхні поверхи передають за допомогою рулетки, оцифрованої з обох боків, і нівеліра. Поправку в довжину рулетки, за вплив температури повітря зазвичай не вводять.

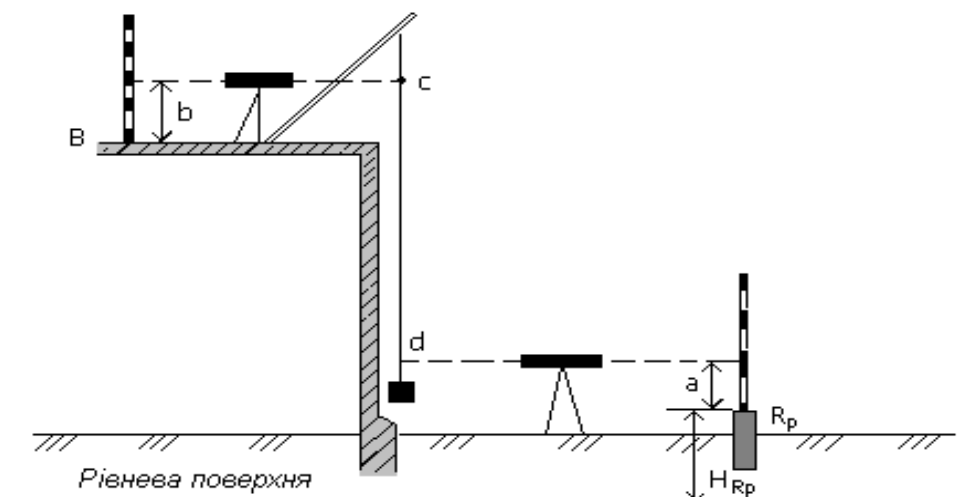


Рис. 2.34 - Перенесення проектної позначки на високу частину споруди

Якщо необхідно перенести проектну позначку на високу частину споруди, то діють аналогічно перенесенню позначки в котлован (рис. 2.34);

У цьому випадку необхідний відлік буде мати вигляд

$$d = H_{Rp} + a - (c - b) - H_b$$

#### *Передача висоти за допомогою рейки-виска*

При зведенні збірних багатопверхових житлових і громадських будинків, панельних безкаркасних і каркасно-панельних споруд, монолітних споруд з цегельним заповненням методом поступового нарощування стін та інших промислових споруд виконують визначення положення по висоті :

встановлення елементів споруди в горизонтальне і вертикальне положення; перевірку горизонтальності перекриттів; дотримання відповідності відміток опорних поверхонь, та ін. Для цих робіт використовують прості методи - металевою рулеткою, звичайним виском або поєднанням рівня і рейки, рейки і виска а також нівеліром і теодолітом.

*Горизонтальність* перекриттів забезпечується нівелюванням на рівні кожного поверху. Нівелювання здійснюють від найближчого до споруди репера або рівня "чистої підлоги,, першого поверху споруди при умові, що рівень підлоги добре закріплений.

$a_1$ ;  $b_2$  - відліки по рейках, встановлених відповідно на вихідному і

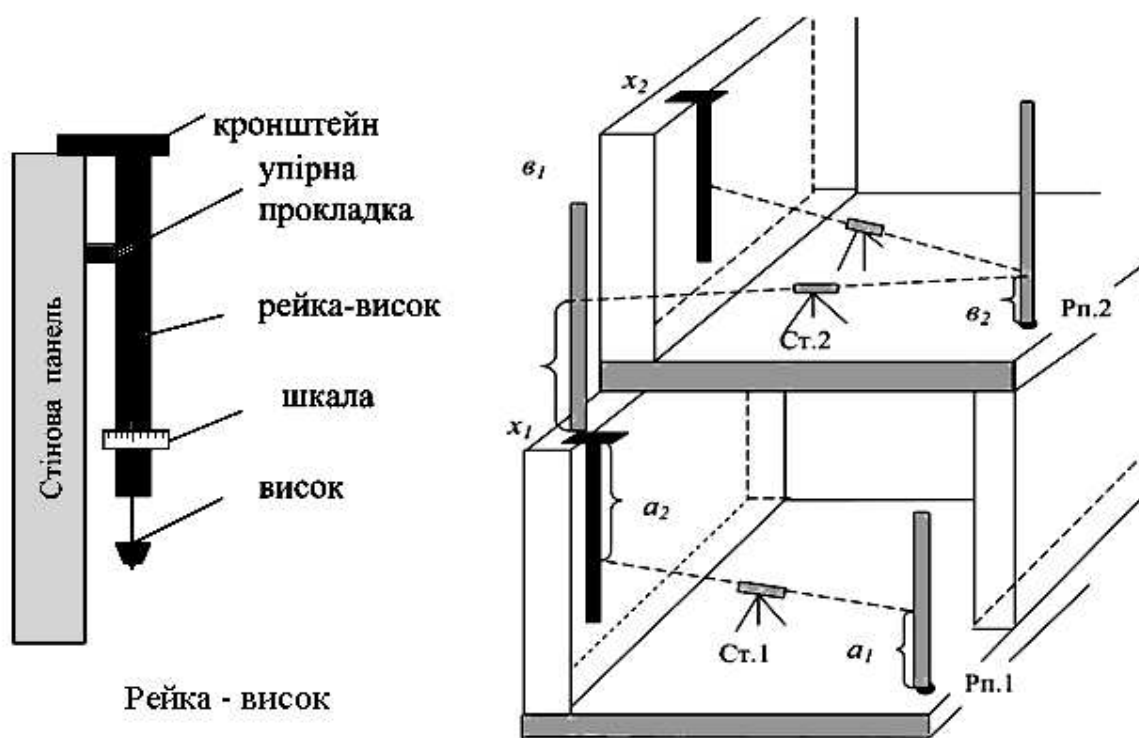


Рис. 2.35 - Схема передачі висот з поверху на поверх

монтажному горизонताх;  $a_2$  - відлік по рейці-виску;  $b_1$  - відлік по рейці, встановленій на верхній грані стінової панелі.

У зв'язку із збільшенням кількості поверхів виникає необхідність підвищення точності, що забезпечує метод передачі відміток за допомогою рейки-виска. Вона має сантиметрову шкалу, підписану зверху униз. Нуль шкали ї збігається з нижньою площиною кронштейна (рис. 2.35).

Особливість робіт таким методом - геометричне нівелювання короткими променями. Передача висот здійснюють до перекриття зв'язуючої точки панеллю (рис. 2.35).

Передача висот включає:

- 1) визначення перевищення  $h_1 = a_1 + a_2$  між вихідним репером Рп.1 (відлік  $a_1$ ) і верхньою гранню стінової панелі (відлік  $a_2$ );
- 2) визначення перевищення  $h_2 = v_1 - v_2$  між верхньою гранню стінової панелі (відлік  $v_1$ ) і Рп.2 на монтажному горизонті (відлік  $v_2$ ).  
Вимірюване перевищення:  $h = h_1 + h_2$ .

Середня квадратична похибка (СКП) передачі проектної висоти на монтажний горизонт при застосуванні в нівеліра НЗ:

$$\delta_h = (1.5 + 0.25N) \text{ мм},$$

де N - порядковий номер поверху або ярусу, на який передається проектна відмітка від вихідного реперу. Клас точності нівелювання визначається при складанні проекту виконання геодезичних робіт.

*Передача відмітки за допомогою рулетки і нівеліра.*

Як і у попередньому випадку, підвішують рулетку (рис. 6, а). Внизу нівеліром беруть відліки:  $a$  - по рейці, що стоїть на репері Рп, і  $d$  - по рулетці. Вгорі нівеліром беруть відліки:  $c$  - по рулетці і  $t$  - по рейці, встановлених на точці Т, висоту якої визначають. Висота точки Т:

$$H_T = H_{Rp} + a + |d - c| - t.$$

*Передача відмітки за допомогою лазерної рулетки і нівеліра.*

Лазерною рулеткою 1 (рис.4.6, ) вимірюють довжину L прямої лінії між закріпленою внизу точкою 3 (верхи кола, штиря або пластини) і нижньою поверхнею закріпленої вгорі пластини 2. Нівеліром на станції  $N_1$  вимірюють перевищення  $h_1$  точки 3 над репером і на станції  $N_2$  - перевищення  $h_2$  визначуваної точки Т над нижньою площиною пластини 2.

Висота точки Т:

$$H_T = H_{Rp} + h_1 + L + h_2.$$

*Передача відмітки електронним тахеометром.*

На репері або іншій точці з відомою відміткою встановлюють електронний тахеометр.

Вгорі, на точці, висоту якої вимагається визначити, встановлюють відбивач.

Навівши трубу тахеометра на відбивач, виконують вимірювання  $\gamma$  і  $S$ .

По формулі тригонометричного нівелювання обчислюють висоту  $H_T$  точки, на якій встановлений відбивач:

$$H_T = H_{Rp} + S \sin \gamma + k - l,$$

де  $S$  - похила відстань;  $\gamma$  - кут нахилу;  $k$  - висота приладу;  $l$  - висота відбивача.

Електронним тахеометром обчислення виконуються автоматично.

## 2.8. Геодезичні роботи при монтажі елементів будівельних конструкцій

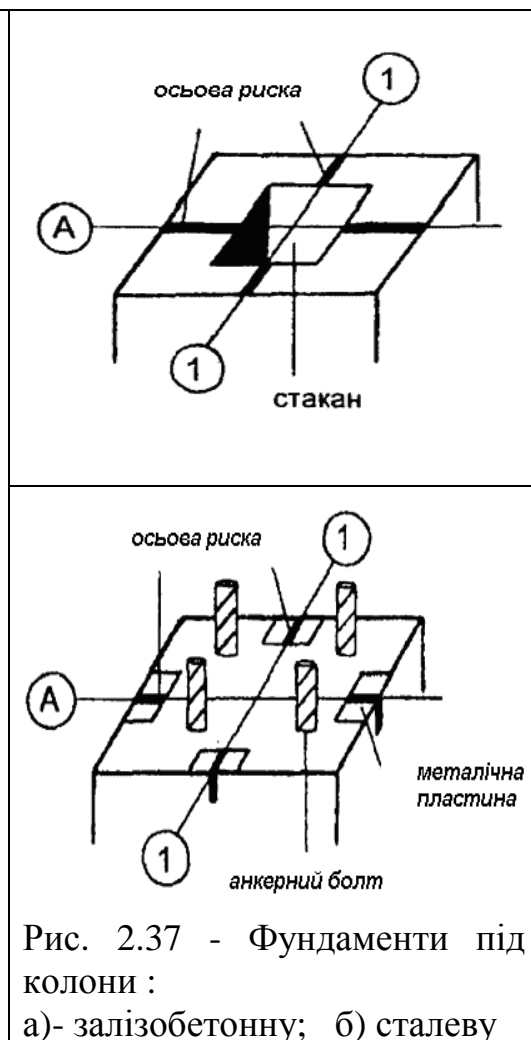
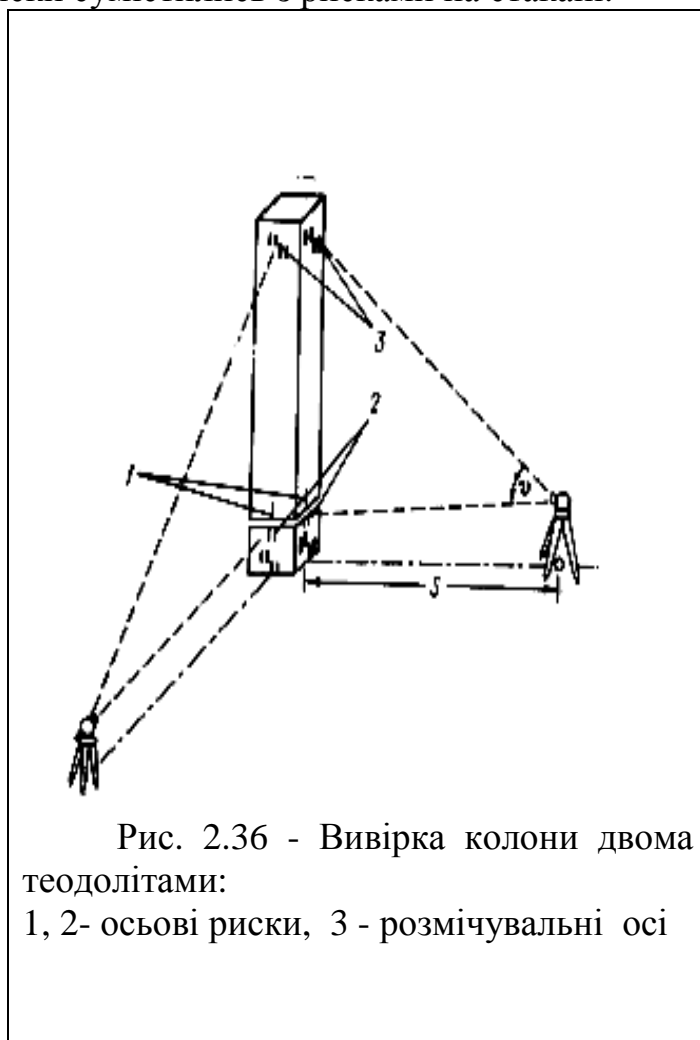
### 2.8.1. Встановлення і вивірення елементів конструкцій у плані

#### Геодезичні роботи під час монтажу колон

Дуже відповідальну роботу проводять при установці колон. Тут геодезичний контроль здійснюють, починаючи з установки фундаментів під колони і до моменту їх остаточного збирання

Перед установкою колони на фундамент на її грані сталевую міліметровою лінійкою або шаблоном наносять осьові риски, а також маркувальні позначки, тобто штрих, який відстоїть від консолі колони на деяке ціле число метрів  $L$ .

Після приведення дна стакана до проектного рівня шляхом підливки цементного розчину опускають колону в стакан таким чином, щоб її осьові риски сумістились з рисками на стакані.



Вертикальність колон висотою до 5 м вивіряють двома висками, рейкою-виском, або рейкою з рівнями, яку прикріплюють гнучкими захватами до ребра колони.

Якщо колона вище 5 м, то її вертикальність контролюють двома теодолітами, встановленими у площинах поздовжньої і поперечної осей будови (рис. 2.36). Сумістивши вертикальну нитку сітки з нижньою осьовою рисою, наводять трубу на верх колони. По команді спостерігача колону розвертають і нахиляють, поки риски 1 і 2 не співпадуть із вертикальною ниткою сітки. Аналогічно вивірку виконують і другим теодолітом.

Після закріплення колон і укладення на їх консолях ригелів і розпірних плит положення колон може змінитись, тому їхню вивірку повторюють ще двічі до закінчення зварювання розпірних плит і стиків колон.

### ***2.8.2. Встановлення і вивірення конструкцій за вертикаллю***

При зведенні стін будівлі періодично перевіряють їх прямовисність, на кожен монтажний горизонт переносять осі споруди і відмітки, контролюють укладання збірних деталей.

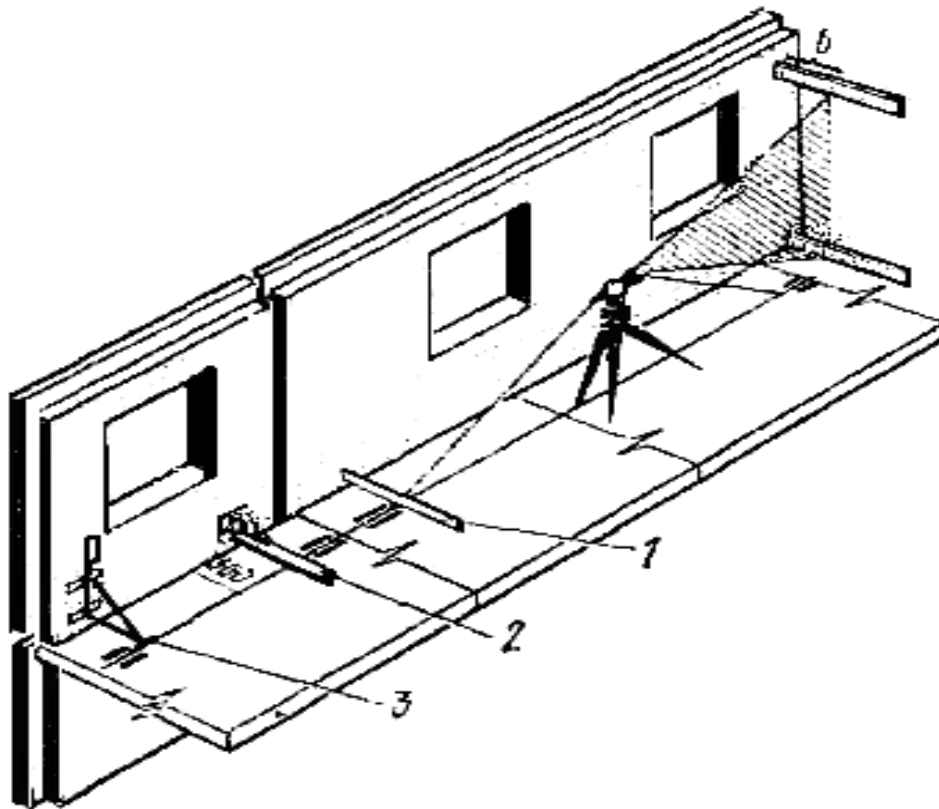


Рис. 2.39 - Розмічувальні роботи при монтажі стін боковим нівелюванням 1- 2 - рейки; 3-металічний шаблон;

## 2.9. Геодезичні роботи при плануванні та забудові міських територій

### 2.9.1. Принципи планування міських територій. Складання проекту і розмічування червоних ліній

На забудованій території осі будинків і споруд розмічають відносно червоних ліній.

Червоною лінією називається умовна лінія, яка проходить по зовнішній стороні фасадів будинків, обернених до проїзної частини (вулиці).

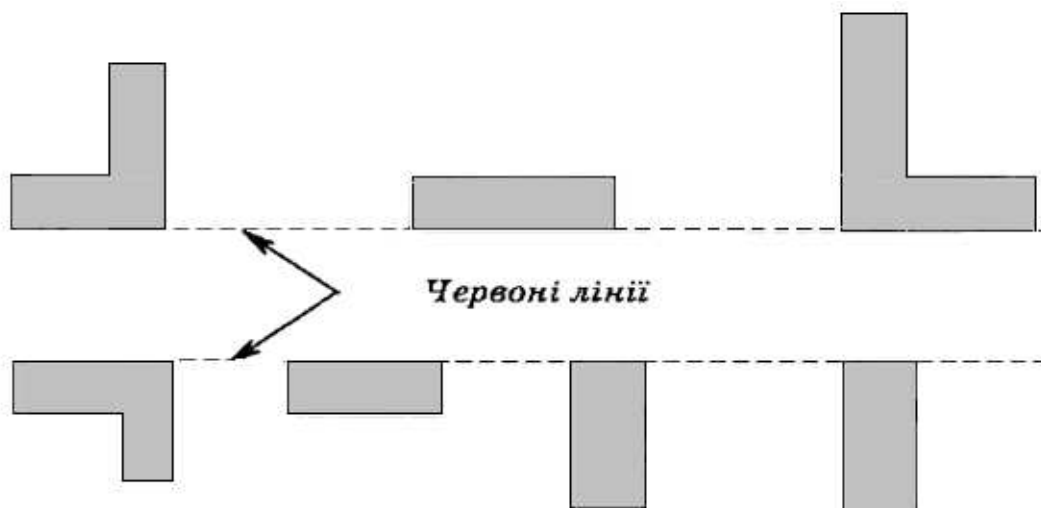


Рис. 2.40 - Схема розмічування червоних ліній

Відносно червоної лінії фасади будинків можна зміщувати лише всередину території кварталів, але вони не можуть виступати за неї в бік проїзної частини. Розміщення червоної лінії встановлюється архітектором проекту чи відповідними архітектурними службами міста і відображається на генплані.

Винесені на місцевості головні чи основні осі закріплюють постійними знаками: по два знаки з кожного боку.

При по горизонтальному плануванні складають проект розміщення всіх будівель і споруд, укладання транспортних і інших комунікацій. З цією метою спочатку на плані проектують систему ліній регулювання забудови, за яку не повинна виходити жодна з будівель, що зводяться, а при проектуванні житлових масивів - систему червоних ліній, які відділяють території кварталів від вулиць і проїздів. Положення червоних ліній визначається координатами вузлових точок, кутами дирекцій напрямів і відстанями між точками.



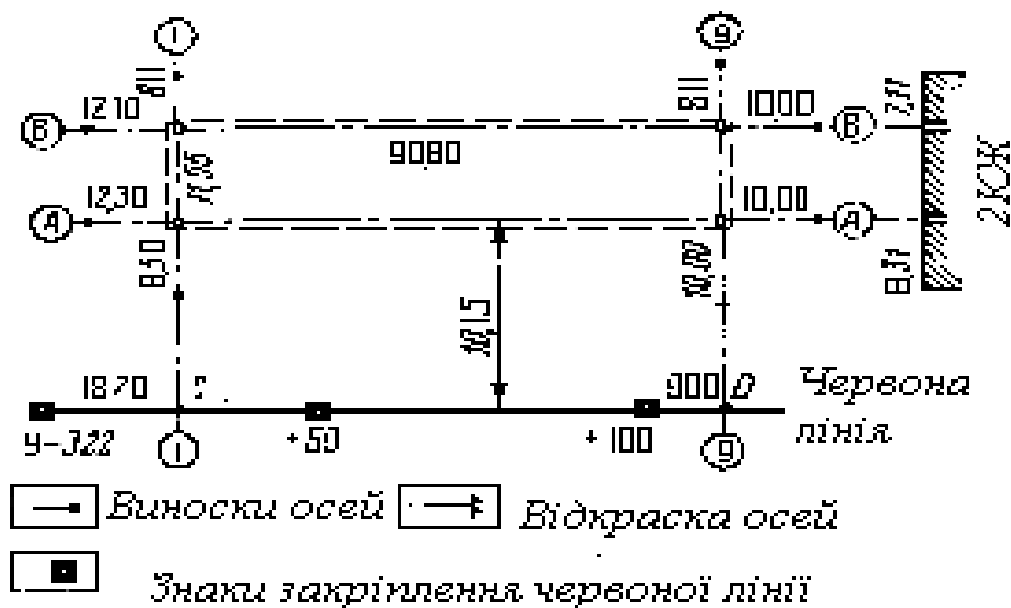


Рис. 2.41 - Розмічування основних осей будівлі від червоної лінії

### 2.9.2. Елементи вертикального планування

Складовою частиною генерального плану будівництва є проект *вертикального планування*. Це проект перетворення і впорядкування існуючих форм рельєфу. В ньому намічають положення запроектованих споруд по висоті, обчислюють об'єми передбачуваних земляних робіт. Проектуванню рельєфу передують польові геодезичні роботи - нівелювання поверхні по квадратах. Ухил місцевості по сторонах квадрата бажано мати постійним; довжину сторони беруть рівною 2 см в масштабі топографічного плану.

Початковим матеріалом для складання проекту служать великомасштабні топографічні плани масштабів 1:5000 - 1:500, складені за результатами нівелювання за квадратами будівельного майданчика, плани і профілі, складені на територію будівництва. Вертикальне планування завжди передуює зведенню інженерних споруд і проводять його в єдиному комплексі з іншими заходами з інженерної підготовки території.

Найчастіше проектування горизонтального майданчика окремої ділянки виконується за умови часткового балансу земляних робіт.

Якщо поверхня ділянки після планування має бути горизонтальною, то середню висоту її обчислюють за формулою:

$$H_o = \frac{\sum H_1 + 2\sum H_2 + 3\sum H_3 + 4\sum H_4}{4 \cdot n},$$

де,  $\sum H_1$  - сума чорних висот вершин, що належать до одного квадрата,  $\sum H_2$  -  $\sum H_4$  сума чорних висот, спільних для двох, трьох і чотирьох квадратів,  $n$  - число квадратів;

Робочі позначки обчислюють за формулою  $h_i = H_o - H_i$

Після обчислення висот знаходять робочі позначки, знаходять положення лінії нульових робіт і підраховують об'єми земляних робіт.

Загальний обсяг земляних робіт у межах повних квадратів

$$V = a^2 \frac{\sum h_1 + 2\sum h_2 + 3\sum h_3 + 4\sum h_4}{n}$$

де  $a$  - розмір сторони квадрата;

$h_1, h_2, h_3, h_4$  - робочі позначки вершин, що належать до одного, двох, трьох і чотирьох квадратів.

Обсяг земляних робіт у неповних квадратах обчислюють за наближеними формулами:

а) з однією вершиною: 
$$V = F \frac{\sum h_i}{3}$$

б) а) з двома та трьома вершинами:

$$V = F \frac{\sum h_i}{4}$$

де  $F$  - площа неповних квадратів, яку визначають за планом;

$\sum h_i$  - сума робочих позначок.

Графічним документом для врахування робіт вертикального планування є картограма земляних робіт, яка складається на базі великомасштабного плану. На картограмі показують фактичні, і проектні висоти та робочі позначки, положення лінії нульових робіт і значення об'ємів насипів і виїмок як повних квадратів, так і їх окремих частин.

### 3. ВИКОНАВЧІ ЗНІМАННЯ

*Виконавчі знімання* - це, комплекс геодезичних робіт для визначення фактичного положення в плані і по висоті зведених будівель і споруд та їх конструктивних елементів. На відміну від топографічних зніманих та інших пошукових робіт, до будівництва, виконавчими зніманнями завершують окремі етапи зведення споруд.

В процесі будівництва після закінчення робіт *кожного циклу* або монтажу чергового поверху споруди проводять виконавчі знімання і складають виконавчі креслення. Виконавчі знімання виконують, після підготовки котловану, спорудження фундаменту, установки колон і т.д. Виконавець робіт за даними цих зніманих, керуючись допусками на виконання даного виду робіт, ухвалює рішення про усунення помічених відхилень або про перехід до наступного етапу будівництва.

Виконавчі знімання виконують тими ж методами, що і топографічні знімання періоду вишукувань, але із значно більшою точністю.

Геодезичною основою виконавчих зніманих є:

- *у середині будівель і цехів* - осі фундаментів і робочі репери;
- *на будівельному майданчику* - пункти геодезичного обґрунтування, з яких виконувалось розмічування.

Для графічного зображення результатів зйомки використовують масштаби (1:100-1:500) або позамасштабні виконавчі схеми, на яких викреслюють деталі споруди із вказанням їхніх реальних розмірів, одержаних при зніманні. На кресленнях відзначають проектні і фактичні дані, що характеризують положення окремих деталей споруди, які підлягають виправленню або повинні враховуватися при зведенні подальших поверхів.

Відповідальними є роботи при зніманні *підземних комунікацій*, які повинні бути виконані до засипання траншей.

В цьому випадку зйомці підлягають кути повороту підземних мереж, елементи кривих, колодязі, камери, місця приєднань трубопроводів і інші характерні точки підземної споруди. Виконавче креслення такої зйомки звичайно включає: план траси; подовжній профіль по осі споруди з показом висотних відміток; плани і розрізи колодязів, камер і інших пристроїв; каталог координат виходів і кутів, повороту підземних мереж.

Розрізняють:

1. *Поточні виконавчі знімання*, необхідні для складання виконавчих рисунків відносно циклів технологічних елементів.
2. *Остаточне знімання* для складання виконавчого генерального плану.

*Поточне виконавче знімання*

Поточне виконавче знімання *планового положення* конструкцій починають з пунктів розмічувальної мережі, розмічувальних осей або ліній, паралельних їм, способами прямокутних координат, лінійних і створних засічок.

*Висотне положення* конструкцій визначають геометричним нівелюванням, а їх вертикальність контролюють теодолітом.

Звітною документацією поточних виконавчих зйомок є виконавчі креслення котлованів, фундаментів і їхніх закладних частин, схеми положення колон, підкранових балок, поверхові креслення та ін. Вони містять дані для коректування виконаних робіт і забезпечення якості монтажу збірних конструкцій та їх частин.

*На виконавчих кресленнях*, складених за даними *поточного виконавчого знімання*, показують проектні та фактичні розміри конструкцій, їх висоти, відстані між осями, напрями, відхилення елементів конструкцій від проектного положення.

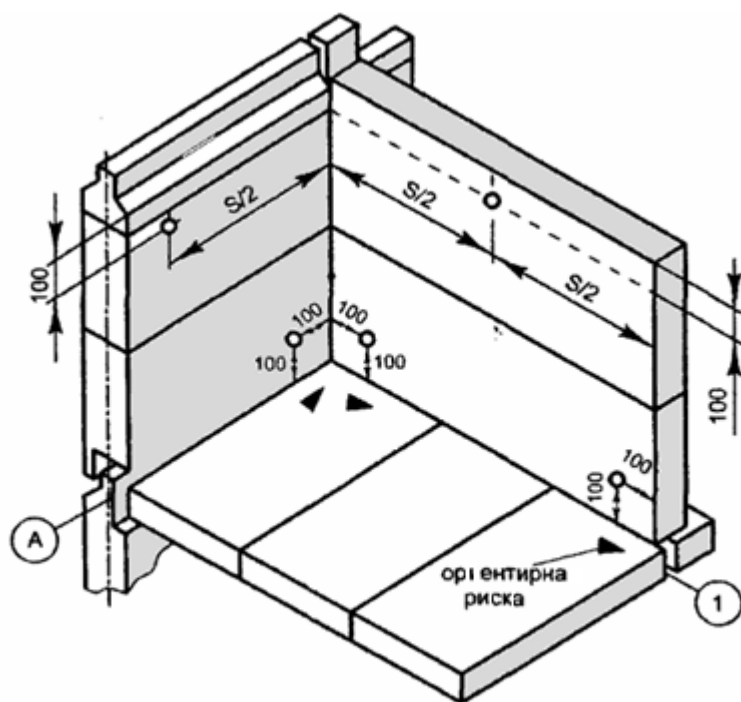


Рис. 3.1 - Місця знімання елементів конструкцій

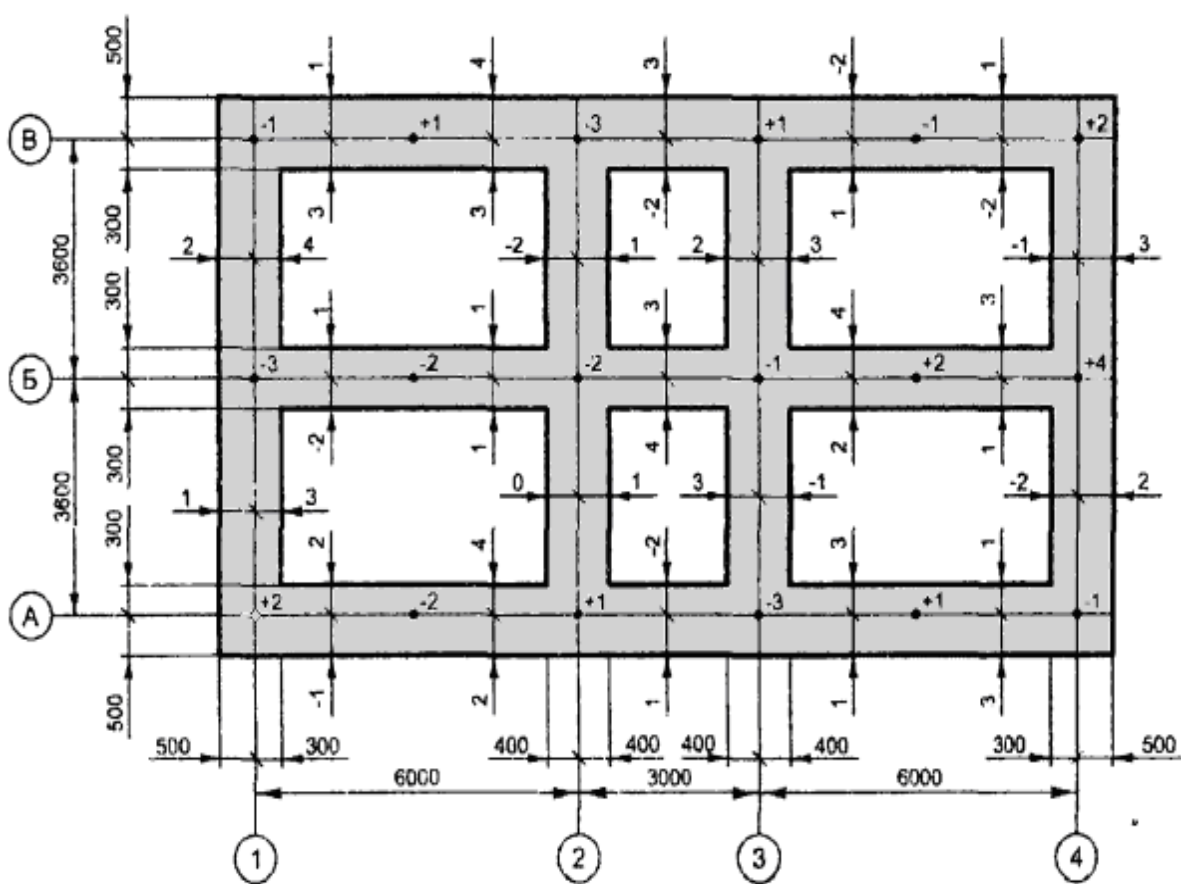


Рис. 3.2 - Виконавче знімання ростверку

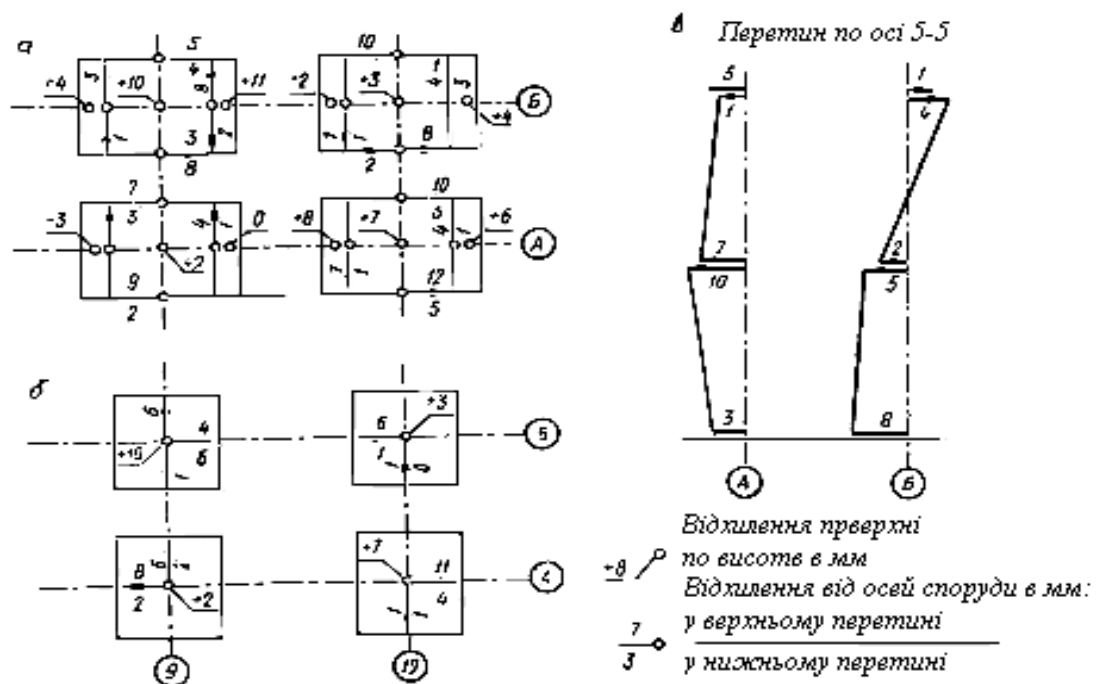


Рис. 3.3 - Схема виконавчого знімання конструкцій фундаментів

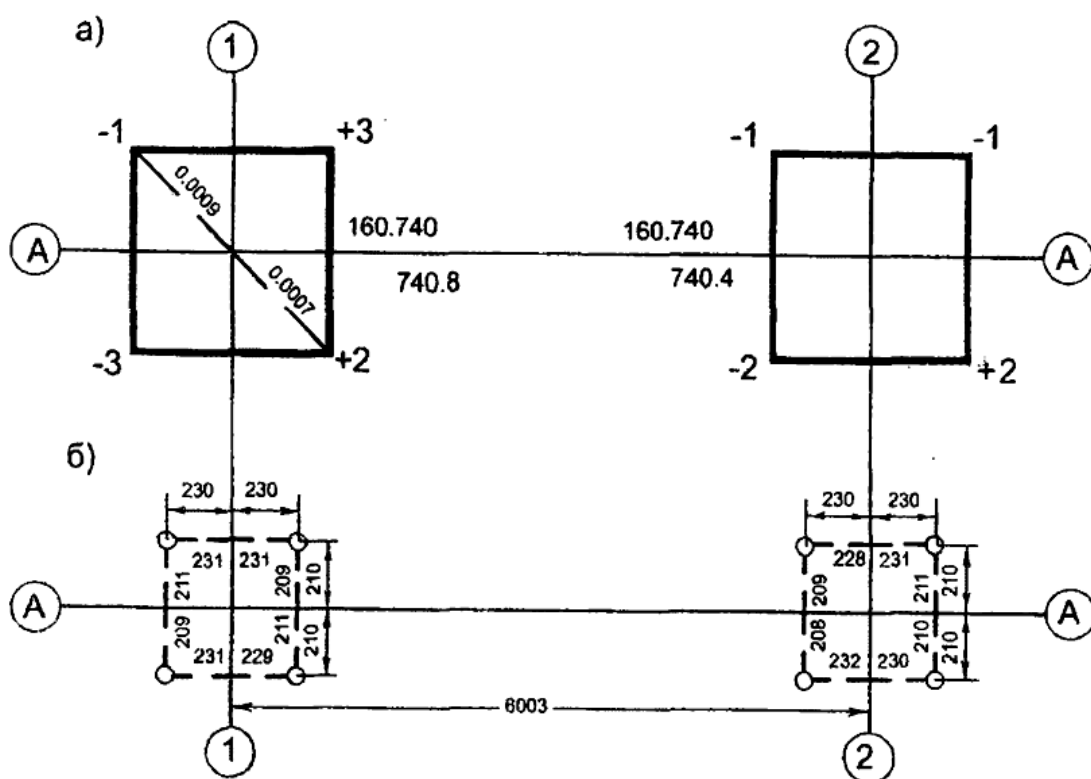


Рис. 3.4 - Схема виконавчого знімання фундаментів під металічні

Остаточне знімання для складання виконавчого генерального плану.

Після закінчення будівництва всього об'єкту, проведення планування і впорядкування території виконують виконавче знімання з метою складання виконавчого генерального плану споруди в тому ж масштабі, в якому складався генеральний план. На такий план наносять всі споруди, дорожню мережу, комунікації і рельєф. Для кращого сприйняття виконавчий генеральний план складають в кольорових умовних знаках.

Плани підземних комунікацій можна складати окремо з показом на них всієї мережі трубопроводів і окремих, найважливіших контурів місцевості. В окремих випадках складають схеми, на яких цифрами показують результати знімання.

За результатами цього знімання складають виконавчий генеральний план, який потім використовують для потреб експлуатації усього промислового або житлового комплексу, а також для його реконструкції і подальшого розвитку

Виконавчий генеральний план є єдиним засобом заключного контролю реалізації генерального плану будівництва згідно з будівельними нормами та правилами, технічними умовами на виконання та прийняття будівельних робіт.

Геодезичним обґрунтуванням знімання для складання виконавчого генерального плану є пункти тріангуляції, полігонометрії, будівельної сітки, теодолітних ходів і репери ходів геометричного нівелювання.

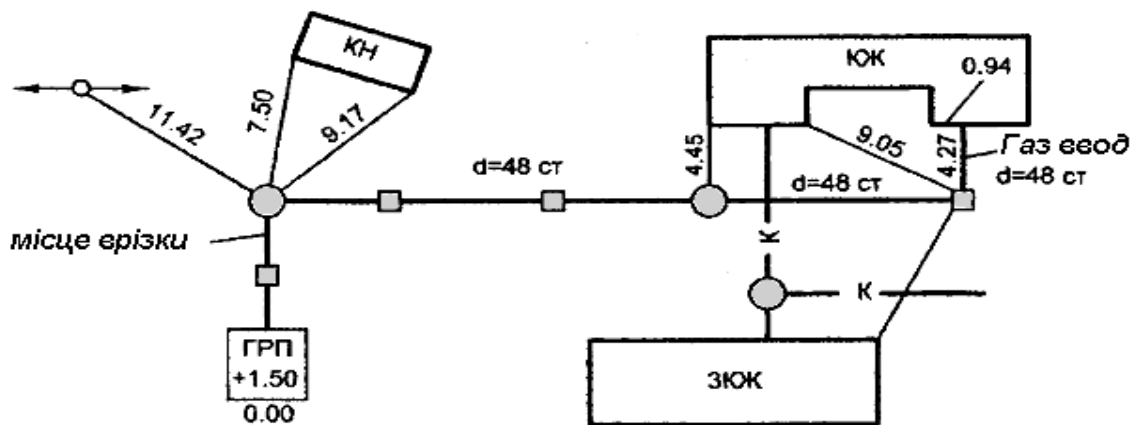


Рис. 3.5 - Виконавче знімання трубопроводу

Планове положення характерних точок об'єктів визначають способами перпендикулярів, лінійних засічок, полярним і способом створів з похибкою не більше - 10 мм. Знімання супроводжується обмірами кожної будівлі; її особливістю є визначення координат таких точок, як кути капітальних будівель і споруд; виходи і вершини кутів поворотів підземних комунікацій; перетин осей доріг і проїздів. Висотне знімання цих точок, а також точок обрізів фундаментів, підлог, приямків, дна лотків, трубопроводів виконують з точністю до 15 мм.

## **4. ГЕОДЕЗИЧНІ СПОСТЕРЕЖЕННЯ ЗА ДЕФОРМАЦІЯМИ ІНЖЕНЕРНИХ СПОРУД**

### **4.1. Види та зміст геодезичних спостережень за деформаціями споруд**

В процесі будівництва і після зведення великих і відповідальних інженерних споруд організовують спостереження за стабільністю їх положення в плані і по висоті.

Під впливом ваги споруди, що будується, і залежно від характеру і виду підстилаючих ґрунтів можуть відбутися нерівномірне осідання і зрушення споруди, які приведуть до небажаних наслідків.

При проектуванні інженерних споруд дійсні властивості будівельних матеріалів і фактичну схему конструкцій заміняють обчисленими. Одержані при цьому характеристики стійкості та міцності споруд носять наближений характер. Неможливо також з високою точністю визначити поведінку ґрунтів під спорудою.

Теоретичні дані про здатність споруди витримувати передбачені навантаження, дійсна статична робота споруди та її елементів завжди відрізняється від обчисленої. Ця невідповідність може бути настільки великою, що виникає просторове зміщення споруди, яке викликає її деформацію у вигляді прогинів, перекосів, тріщин і кренів і може виникнути небезпека зруйнування споруди. Тому з моменту закладки і протягом не тільки будівництва, але й експлуатації за спорудою проводять цілий комплекс натурних спостережень, в яких важливе місце відводять *геодезичним вимірюванням*.

Усяке просторове зміщення споруди може бути розділено на дві складові - у плані і по висоті. Зміщення споруди в горизонтальній площині називають *зсувом*, а у вертикальній - *осадкою*. Для їх визначення в тіло споруди закладають контрольні знаки. Спостереження ведуть з пунктів спеціально створеної на будівельному майданчику *геодезичної мережі*. Ці пункти, які називають опорними, розміщують на стійких ґрунтах.

Допустимі похибки визначення зсувів і осадок на повинні перевищувати розрахункових величин.

### **4.2. Вимірювання осідань інженерних споруд**

Основними способами визначення величин осідання споруд є високоточне геометричне нівелювання, а в деяких випадках - гідростатичне.

Навколо споруди, за зоною можливих деформацій ґрунтів, створюють мережу з 3-4-х глибинних реперів, які закладають у корінні породи.

Осідання визначають вимірюванням перевищень між опорними реперами і контрольними знаками через вибрані проміжки часу. Різниці висот одного і того знака, обчислені у суміжних циклах спостережень, характеризують величину осідання знака в відповідній частині споруди.

За результатами спостережень складають графік осадок.

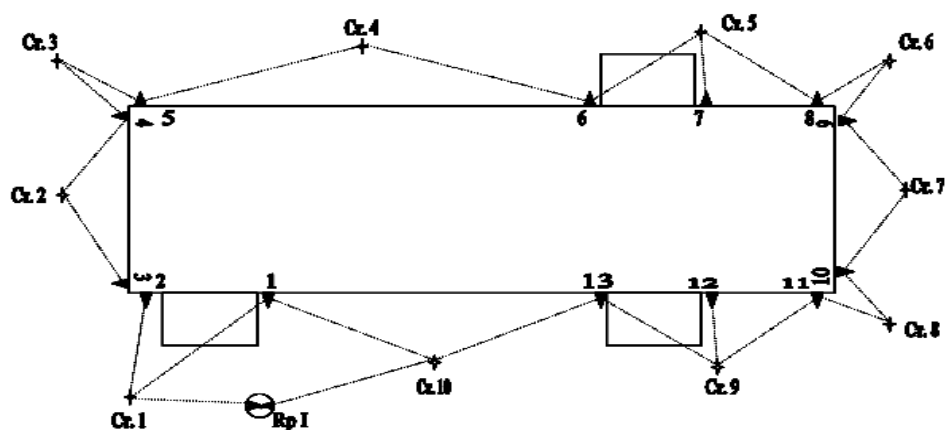


Рис. 4.1 - Схема закладання реперів при дослідженні деформацій

### 4.3. Вимірювання горизонтальних зміщень конструкцій споруд

Для вимірювання зсувів споруд застосовують, головним чином, створний, тригонометричний способи та спосіб окремих напрямів.

*Створний спосіб* - це вимірювання зміщення контрольного знака від створу за допомогою теодоліта і марки, встановленої на контрольному знаці.

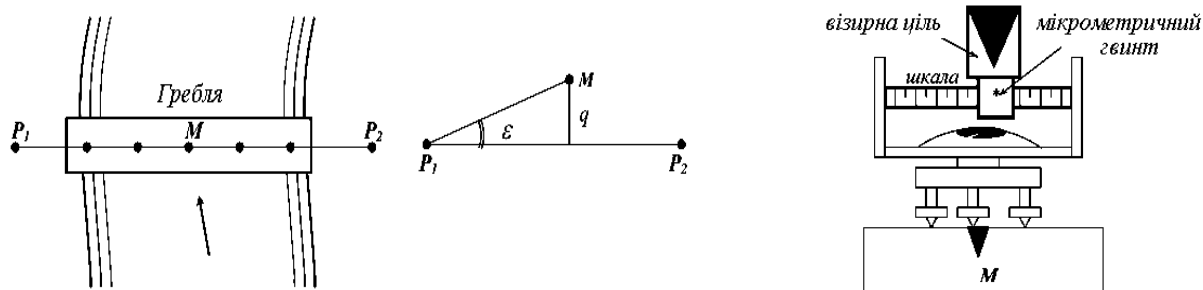


Рис. 4.2 - Створний метод визначення горизонтальних зсувів споруд

Визначення горизонтальних зміщень виконують при спостереженнях за горизонтальними зсувами прямолінійних споруд: дамб мостів, підпірних стінок і т.д. Кінцеві опорні пункти створу розташовують поза спорудою. На споруді в створі закріплюють контрольні точки. По зсуву цих точок в напрямі, перпендикулярному створу, судять про зсув споруди (Рис. 4.2).

Величина зсуву контрольної точки М

$$q = d \cdot \varepsilon / \rho$$

де  $\varepsilon$  - горизонтальний кут, вимірюваний високоточним теодолітом або за допомогою зорової труби з окулярним мікрометром,  $d$  - відстань до точки



Для визначення  $q$  можна використовувати рухому марку з мікрометром. У точці  $P_1$  встановлюють теодоліт, трубу якого наводять на точку  $P_2$ .

У точці  $M$  встановлюють марку. По команді спостерігача помічник за допомогою мікрометра переміщає марку до тих пір, поки вона не опиниться в створі. Відлік за шкалою мікрометра дає величину зсуву.

2. *Тригонометричним способом* користуються тоді, коли опорні пункти розміщені на різних рівнях або неможливо утворити створ. У цьому випадку для спостереження за зсувом споруди використовують спосіб тріангуляції, тобто в періодичному визначенні координат контрольних знаків, які включені в тріангуляційну мережу. За різницею координат на суміжних пунктах визначають зсув споруди. Недоліком способу тріангуляції є його трудомісткість. Тому тріангуляційну мережу замінюють трілатерацією з використанням світловіддалемірів або електронних тахеометрів.

3. *Спосіб окремих напрямів* складається з повторних вимірювань горизонтального кута з вершиною на опорному пункті між напрямом на орієнтирний пункт і на контрольний знак. За зміненням горизонтального кута і виміряній відстані обчислюють зміщення контрольного знака.

#### **4.4. Спостереження за нахилом, зсувами інженерних споруд та тріщинами**

*Крен* - це відхилення споруди від проектного положення у вертикальній площині. Причиною виникнення крену є нерівномірне осідання основи споруди. Геометрична сутність вимірювання крену зводиться до визначення взаємного положення двох таких точок  $A$  і  $B$  споруди, які за технічними умовами проекту повинні лежати на одній прямовисній лінії. Простіше за все повна кутова величина крену  $\gamma$  визначається проектуванням за допомогою виска точки  $A$  на горизонтальну площину (рис. 4.3).

Вимірявши висоту точки  $A$  і довжину  $b$  ортогональної проекції прямої  $AB$ , знаходять:

$$\gamma = \arctg(b/a)$$

Можна використати і теодоліт з накладним рівнем, установлюючи його послідовно на створних знаках 1 і 2 взаємно перпендикулярних осей споруди (рис. 4.3). Точка проектується при двох положеннях вертикального круга теодоліта на лінійку з міліметровими поділками  $L$ , яку розміщують по черзі на напрямках 2-В та 1-В. Точки  $A$  і  $B_i$  фіксують за середнім з відліків на шкалі лінійки при двох положеннях вертикального круга теодоліта. Довжину відрізка  $b$  знаходять графічно, продовжуючи напрями 1-  $A_1$  та 2-  $A_2$  до їх перетину в точці  $A_0$ .

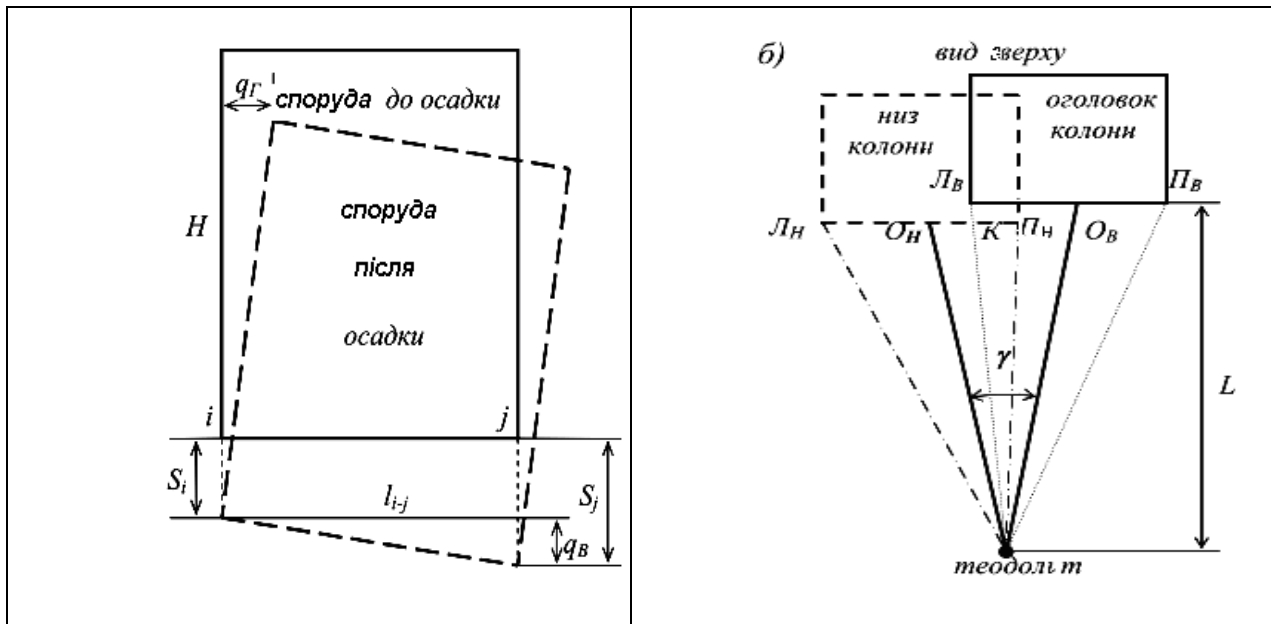


Рис. 4.3 - Визначення крену за результатами нівелювання точок на фундаменті споруди та за допомогою теодоліта

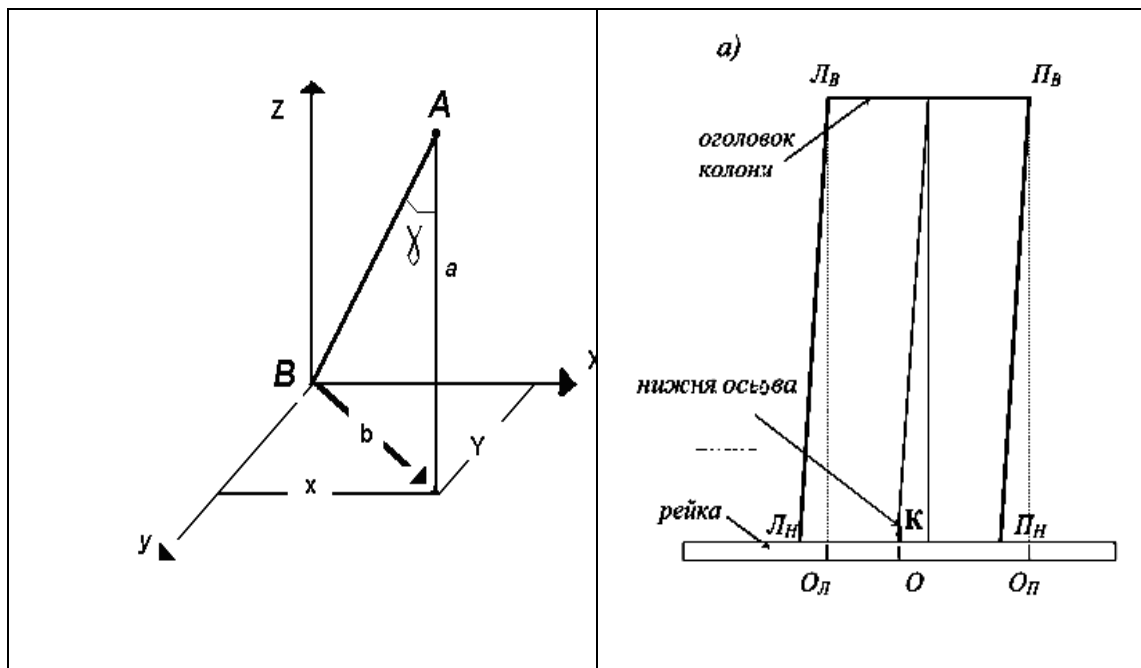


Рис. 4.4 - Визначення крену споруди а) за допомогою виска б) теодолітом

Розглянуті методи вивчення деформацій, що постійно вдосконалюються і змінюються. Для визначення миттєвих деформацій або коливань окремих споруд і їх елементів під впливом динамічних навантажень використовують метод фототеодолітного знімання або кінозйомки; для визначення коливань і крену споруд баштового типу - високоточні кутові вимірювання або променеві прилади вертикального проектування.

У сучасному капітальному будівництві зведення будівель і інженерних споруд виконується в основному із збірних елементів. Для забезпечення повної збірності будівель необхідно заздалегідь розраховувати точність будівельно-монтажних і геодезичних робіт, застосовуючи теорію похибок вимірювань, теорію ймовірностей і математичної статистики.

Неодмінною вимогою сучасного будівництва є своєчасний геодезичний контроль будівельних робіт та виконавчі знімання, як необхідна умова забезпечення і підвищення якості будівництва.

Сучасні електронні геодезичні прилади дають можливість керувати точністю будівельно-монтажних робіт вже в ході їх виконання та оперативно здійснювати геодезичний контроль виконаних робіт.

В роботах по спостереженню за станом інженерних споруд широко використовують автоматизовані засоби вимірювань, засновані на лазерних технологіях, гідростатичному і гідродинамічному нівелюванні.

Наприклад створювані лазерним променем, видима лінія або площина, можуть служити опорою і при зведенні споруди і при її виконавчому зніманні.

## **5. ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПРИ ВИКОНАННІ ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ НА БУДІВЕЛЬНОМУ ОБ'ЄКТІ**

1. При виконанні геодезичних робіт на будівельному об'єкті слід керуватися правилами техніки безпеки, викладеними в СНиП III-4-80 і відомчих інструкціях, розроблених і затверджених в установленому порядку. У ПВГР повинні бути передбачені заходи щодо забезпечення безпечних умов праці на геодезичних роботах.

2. При введенні на будівництві нових прийомів праці або нового устаткування геодезичні роботи слід виконувати відповідно до інструкцій, розроблених спеціально для цих випадків і затвердженими в установленому порядку.

3. До виконання геодезичних робіт допускаються особи, що пройшли ввідний інструктаж і навчання правилам техніки безпеки на геодезичних і будівельних роботах, а також інструктаж по техніці безпеки безпосередньо на робочому місці, проведення яких повинне оформлятися згідно вимогам СНиП .

4. При роботі на краю проїжджої частини дороги з інтенсивним рухом транспорту і на будівельному майданчику з великою кількістю працюючих механізмів призначається спостерігач , в обов'язки якого входить забезпечення безпеки працюючих від рухомого транспорту і механізмів.

5. Робочі місця виконавців геодезичних робіт, розташовані поблизу перепадів по висоті на 1,3 м і більш, повинні бути захищені захисними або сигнальними огорожами відповідно до вимог СНиП III-4-80.

6. До робіт на висоті допускаються особи, що пройшли медичний огляд в установленому порядку.

7. Не можна виконувати геодезичні роботи поблизу навислих стінок, на краю незакріплених укосів, під стрілою екскаватора, навіть якщо він не працює, а також знаходитися поблизу екскаватора під час його роботи.

8. У зимовий час при обігріві ґрунту або бетону електрострумом лінійні вимірювання слід вести, не допускаючи торкання стрічки або рулетки арматури, що знаходиться під напругою. Не слід виконувати геодезичні роботи в місцях, де проходять неізольовані токопровідні лінії. У разі потреби проведення таких робіт електролінію слід відключити. При підсвічуванні геодезичних приладів і пристосувань необхідно користуватися тільки електричними ліхтарями різного типу.

9. Переміщення геодезистів з приладами повинне здійснюватися по сходових маршах, що мають огорожі. Сходи повинні бути в справному стані і надійно закріплені. Не можна ходити по опалубці, якщо вона не укріплена остаточно і не має розпорів. Слід уникати пересування з приладами по сходинках, які не очищені від бруду, снігу і льоду. Забороняється переміщатися по вертикалі, користуючись тросом, канатом, а також по краю монтажного горизонту, перемичках, перегородках, капітальних стінах. Переходи з приладами від колони до колони, з ригеля на ригель допускаються тільки по зручних підмостях або переносним місткам. При роботі в небезпечних місцях виконавець повинен прив'язувати себе до міцно закріплених конструкцій запобіжним поясом.

10. При роботі геодезиста на монтажному горизонті всі отвори повинні бути закриті.

11. При передачі точок розмічувальної мережі на поверхні будівлі, споруди методом вертикального проектування, отвори в перекриттях повинні бути захищені так, щоб виключити можливість попадання в них будівельного сміття і інших предметів.

10. При монтажі різних конструкцій геодезичні прилади повинні бути встановлені на відстані полуторної висоти від елементу конструкції, що монтується. Виконуючи роботи на будівельному майданчику, виконавець геодезичних робіт повинен знаходитися за межами небезпечної зони.

13. При виконавчих зніманнях водопровідних, каналізаційних та інших колодязів, при вимірах рулеткою або установці рейки усередині колодязів потрібно переконатися, що в них відсутні шкідливі гази.

14. Забороняється виконувати геодезичні роботи (припиняти роботи):

- при сильному поривчастому вітрі силою в 6 і більш балів;
- при сильному снігопаді, дощі, тумані, слабкій освітленості і інших умовах, що обмежують видимість;
- без запобіжних касок і поясів на монтажному горизонті, в зоні монтажу і дії баштового крана;
- на проїжджій частині шосейних, залізниць; на будівельному майданчику

при ожеледі.

15. При виконанні робіт на будівельному майданчику з використанням лазерного проміння необхідно виконувати наступні запобіжні засоби:

- категорично забороняється у включеному стані розкривати лазерні прилади і блок живлення, оскільки при цьому «вихід» приладу знаходиться під напругою 1500 - 2500 В;

- відключення роз'ємів повинне виконуватись не раніше ніж через 1,5 хв. після виключення блоку живлення;

- сполучні кабелі приладу не повинні мати пошкоджень; пучок лазера не повинен потрапляти безпосередньо в око;

- забороняється ставити дзеркала або блискучі металеві предмети на шляху проходження лазерного пучка; пучок лазера, повинен проходити по можливості вище за голову або нижче за пояс працюючих;

- всі робітники на будівельному майданчику повинні бути добре поінформовані про шкідливу дію лазерного випромінювання на сітківку ока.

- місце, де ведуться роботи, повинне бути захищене і встановлено попереджувальний сигнал, сигнальна лампа або попереджувальний плакат; корпус лазерного приладу і блоку живлення необхідно заземляти; пучок лазера не повинен виходити за межі будівельного майданчика.

16. Виконання заходів щодо техніки безпеки входить в обов'язки керівників будівельних організацій. Керівник будівельної організації зобов'язаний організувати щорічну перевірку знань виконавців геодезичних робіт правил техніки безпеки.

17. Кожен нещасний випадок, що пов'язаний з виробництвом і супроводжується втратою працездатності на термін не більше одного дня, керівник робіт зобов'язаний не пізніше 24 год розслідувати, з'ясувати причини нещасного випадку і скласти акт в чотирьох екземплярах.

## СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Багратуни Г. В. Инженерная геодезия / Г. В. Багратуни – М.: Недра, 1984. – 344 с.
2. Полищук Ю. В. Высотные разбивочные работы в строительстве/ Ю. В. Полищук. – К.: Будівельник, 1980. – 104 с.
3. Практическое руководство по геодезическому обеспечению строительства зданий повышенной этажности /ГУГК, НИИПГ. – М.: Недра, 1984. – 120 с.
4. Руководство по расчету точности геодезических работ в промышленном строительстве /ГУГК. – М.: Недра, 1979. – 55 с.
5. Справочник по инженерной геодезии /Под ред. Н. Г. Видуева. – К.: Вища школа., 1978 – 376с.
6. Справочник по геодезическим разбивочным работам /Под ред. Г. В. Багратуни. – М.: Недра, 1982. – 128 с.
7. СНиП 3,01.03-84. Правила производства и приемки работ. Геодезические работы в строительстве. - М.: ЦНИИОМТП Госстроя СССР, 1985.
8. СНиП III-A.II-70. Техника безопасности в строительстве. - М.: Госстройиздат,
9. Могильний С. Г. Геодезія. Частина перша / С. Г. Могильний, С. П. Войтенко. – Чернігів: Чернігівські обереги, 2002. – 408 с.

*Навчальне видання*

**ПЕНЬКОВ Володимир Олексійович**

**КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ**

з дисципліни

**ІНЖЕНЕРНА ГЕОДЕЗІЯ**

(для студентів 1 курсу денної і заочної форми навчання напряму підготовки 6.060101 "Будівництво", напряму підготовки 6.060103 "Гідротехніка (водні ресурси)" та для студентів 2 курсу денної і 3 курсу заочної форм навчання за напрямом 0801(6.080101) «Геодезія, картографія та землеустрій»)

Відповідальний за випуск *К. А. Мамонов*

*За авторською редакцією*

Комп'ютерне верстання *Є. Г. Панова*

План 2011, поз 27Л

---

Підп. до друку 27.07.2013 р.  
Друк на ризографі  
Тираж 50 пр.

Формат 60×84/16  
Ум. друк. арк. 3,3  
Зам. №

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова  
вул. Революції, 12, Харків, 61002,

Електронна адреса: [rectorat@ksame.kharkov.ua](mailto:rectorat@ksame.kharkov.ua)

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 4064 від 12.05.2011 р.